



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

# **3D REV: UNA POSIBLE REVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN EMPRESARIAL**

Autor: Julio Antonio Soto de Vicente  
Director: María Eugenia Ramos Fernández

Madrid  
Junio de 2014

# Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>2</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>3</b>
<b>El marco de la tecnología</b> .....	<b>5</b>
Historia y estado de la técnica .....	6
<i>Sintetizado Selectivo por Láser (SLS)</i> .....	7
<i>Estereolitografía (SLA)</i> .....	8
<i>Deposición de Plástico Fundido (FDM)</i> .....	8
<b>El presente de la tecnología y su uso</b> .....	<b>12</b>
Impresión 3D personal DIY .....	12
Impresoras 3D comerciales .....	13
Impresión 3D profesional .....	14
<i>Construcción</i> .....	15
<i>Medicina</i> .....	16
<i>Alimentación</i> .....	16
<i>Sector del retail y personalización de objetos</i> .....	17
<b>Proyecciones y futuro de la impresión 3D</b> .....	<b>19</b>
Factores de éxito .....	19
<i>Liberalización de patentes</i> .....	21
<i>Internet</i> .....	22
<i>Bajada de costes</i> .....	23
<i>Variedad de materiales</i> .....	25
Consecuencias y futuras posibilidades .....	26
<i>Aceleración de los ciclos de producción y desarrollo de nuevos productos</i> .....	27
<i>Innovación en las estrategias de fabricación</i> .....	28
<i>Cambio en las fuentes de beneficio productivas</i> .....	29
<i>Aparición de nuevos competidores</i> .....	30
Consecuencias para distintas industrias .....	31
<i>Compañías y organizaciones relacionadas con el tratamiento de desperdicios y reciclado</i> .....	31
<i>Empresas de transporte y empaquetado</i> .....	31
<i>Logística y almacenes</i> .....	31
<i>Sector del retail</i> .....	32
<i>Publicidad y marketing</i> .....	32
<i>Diseñadores</i> .....	32
Cambios en la mano de obra .....	33
Limitaciones de la tecnología .....	34
<b>Consecuencias legales</b> .....	<b>36</b>
Patentes sobre diseños y derechos de autor .....	36
El problema de la piratería .....	37
Modificaciones sobre diseños e ingeniería inversa .....	39
DRM en las impresoras .....	39
<b>La tecnología al servicio del negocio</b> .....	<b>41</b>
La fabricación distribuida .....	41
Innovación en los modelos de negocio .....	42
Ejemplo de aplicación del modelo .....	45
<b>Conclusión</b> .....	<b>48</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>50</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>58</b>

## Resumen

Este artículo analiza la tecnología, clases y aplicaciones actuales y futuras de la impresión en tres dimensiones o fabricación por adición, así como las consecuencias fruto de su aplicación en el ámbito empresarial y legal. A pesar de que los resultados no son concluyentes –debido a la novedad de la tecnología- se demuestra que la fabricación por adición aporta utilidad y valor a ciertos negocios existentes, siendo un factor a tener en cuenta en diversos sectores empresariales. Del mismo modo, se elabora un modelo que presenta una forma de aplicar los beneficios de la impresión 3D a nuevos modelos de negocio basados en la innovación y maximización de valor para el cliente.

**Palabras clave:** impresión 3D, fabricación por adición, fabricación aditiva, innovación disruptiva, revolución industrial, producción como servicio, innovación en modelos de negocio.

## Abstract

This paper analyzes the technology, and current and future applications of three-dimensional printing –or additive manufacturing- as well as the consequences of its application in the business and legal environment. Despite the inconclusive nature of the results –due to the novelty of this technology- we demonstrate that additive manufacturing provides utility and value to certain existing businesses and should be taken into consideration in various business sectors. Additionally, a model on how to apply the benefits of 3D printing to new business models based on innovation and customer value maximization is developed.

**Keywords:** 3D printing, additive manufacturing, disruptive innovation, industrial revolution, production as a service, business model innovation.

## Introducción

El presente trabajo de investigación académica está orientado a tratar el fenómeno de la impresión 3D: una tecnología que parece tener ciertas cualidades que podrían permitir cambios en la forma en la que las empresas fabrican parte de sus productos y aportan valor a su entorno. A través de unos procesos informáticos, químicos y mecánicos, una impresora 3D es capaz de crear objetos físicos a partir de información digital. A lo largo de estas páginas analizaremos el estado de este tipo de tecnología, sus diferentes variantes y mercados en el presente, los factores que podrían llevarla al éxito y las consecuencias derivadas de ello. Además, propondremos un modelo que intenta aprovechar las características de esta innovación tecnológica a la hora de desarrollar nuevos modelos de negocio para empresas y corporaciones del futuro.

Con el fin de cumplir estos objetivos, hemos recurrido a la búsqueda y análisis, por un lado, de las tecnologías existentes en el presente, así como de los avances actuales y previsiones que las principales empresas pretenden conseguir en el corto y medio plazo. Por otro lado, hemos recopilado las conclusiones y proyecciones realizadas por expertos en la materia –en conjunción con algunas propias basándonos en los datos ofrecidos por empresas y organizaciones- con el objetivo de ofrecer una visión más amplia del marco económico y empresarial de la tecnología 3D. Después, procedemos a analizar el impacto que dicha tecnología puede tener sobre algunos sectores y negocios utilizando el análisis deductivo. Para ello, hemos recurrido a informes de empresas y casos de negocio de profesionales en el sector; artículos, libros y trabajos elaborados por estrategias y académicos, así como a documentos de análisis legal sobre la tecnología y su aplicación. Del mismo modo, hemos revisado la bibliografía existente relacionada con la creación y actualización de modelos de negocio para poder proponer un modelo viable.

En el presente están teniendo lugar una gran cantidad de avances relacionados con las tecnologías de la información y comunicación. La industria del microprocesador o Internet son claros ejemplos de cómo los avances tecnológicos han cambiado en el pasado la forma en la que las personas nos relacionamos, realizamos nuestras tareas o ganamos un sueldo que nos permita subsistir. Los cambios en las tendencias tecnológicas son cada vez más frecuentes: a día de hoy la industria de los teléfonos inteligentes y la computación móvil parecen ser parte esencial de la vida de muchos

ciudadanos, y las compañías actúan en consecuencia. A partir de la segunda mitad de 2014 parece que los esfuerzos están centrados en conectar dispositivos domésticos como relojes, utensilios y electrodomésticos a Internet con la intención de automatizar gran parte de nuestras tareas rutinarias –fenómeno conocido como *Internet de las cosas*.

Al mismo tiempo, están produciéndose una serie de acontecimientos –muchos de ellos relacionados con las disciplinas industrial y legal- que están permitiendo acercar tanto a empresas como a consumidores un conjunto de tecnologías que permiten la fabricación de un objeto real, en tres dimensiones, a partir de materias primas y un modelo del objeto creado por ordenador. Este conjunto de tecnologías se conocen popularmente como impresoras en tres dimensiones o impresoras 3D. De forma similar a como una impresora de papel es capaz de reproducir un documento escrito en ordenador, una impresora 3D es capaz de construir y generar un objeto terminado a partir de algo creado con un programa informático de diseño.

Naturalmente, cualquier tipo de avance en la fabricación y creación de productos tiene unas consecuencias para la realidad empresarial. Sin embargo, esta tecnología se encuentra todavía dando sus primeros pasos, estando lejos de ser un estándar de facto en las organizaciones y hogares. En este trabajo analizaremos todo el entorno que rodea a esta posible forma de crear productos.

El trabajo se estructura en 6 partes. En la primera se presenta la tecnología y su historia, donde se exponen los distintos métodos que existen para imprimir un objeto en tres dimensiones. Después procedemos a analizar el estado actual de la tecnología, cómo se está utilizando y qué alcance tiene hasta la fecha. El tercer punto hace referencia a los factores que pueden llevar a la tecnología al éxito y difusión. El cuarto bloque recoge las consecuencias que la innovación puede traer al futuro empresarial y a distintos sectores, así como las limitaciones que tienen este conjunto de técnicas de fabricación. En el quinto apartado discutiremos los nuevos paradigmas legales que plantea la impresión 3D. En la última parte, y teniendo en cuenta todo lo anterior, procederemos a formular un ejemplo de modelo de negocio que permitiría aprovechar el potencial de la nueva tecnología, con el fin de ofrecer un enfoque diferente e innovador basado en el análisis previo.

## El marco de la tecnología

Desde la segunda mitad del siglo XVII, la actividad industrial se ha convertido en una de las piezas angulares del éxito empresarial. Tanto la Primera como la Segunda Revolución Industrial marcaron un antes y un después en la Historia, promoviendo cambios drásticos en prácticamente todos los aspectos de la vida cotidiana y profesional de los ciudadanos de la época, y cuya influencia es todavía apreciable en la actualidad. Ejemplos de dichos cambios son la aparición de nuevos movimientos políticos y sociales, como el socialismo y el sindicalismo, o la revolución de los medios de transporte y el fortalecimiento de la clase burguesa (Elliott, 2014, p. 49).

Desde aquel primer *boom*, la industrialización no ha hecho más que ir en aumento a escala internacional. Debido a la globalización, gran parte de la producción se ha ido localizando en países en vías de desarrollo. Del mismo modo, continúa creciendo el monto total de empresas y organizaciones dedicadas a la producción industrial en cualquiera de sus variantes.

A lo largo de los últimos años, especialmente 2013 y 2014, los principales medios de comunicación han comenzado a reportar y dar importancia a un fenómeno que algunos autores identifican como la mayor revolución desde la aparición de Internet (Kaur, 2012, p. 362): el conocido como *additive manufacturing* o fabricación por adición. Impresión 3D y fabricación por adición son términos que se suelen utilizar indistintamente tanto en el ámbito industrial como empresarial, si bien el primero es de un corte más coloquial y genérico para designar al conjunto de tecnologías de fabricación por adición (Prince, 2014, p. 40).

El concepto de la fabricación por adición es sencillo: una máquina –comúnmente conocida como impresora 3D- va superponiendo capas de un material que resultan en un objeto tridimensional. De ahí la analogía con lo que por costumbre se entiende por impresión: consiste en la composición progresiva de un completo, con la diferencia de que en este caso no se hace sobre dos dimensiones –como ocurre con el papel- sino en tres, creando un objeto volumétrico con alto, ancho y fondo. Dicha máquina funciona de forma digital, es decir, utiliza información digital para saber qué cantidad de material debe depositar en cada momento para construir el objeto deseado. Esta información digital puede provenir de dos fuentes distintas:

- Por un lado, de un dibujo o diseño 3D realizado con herramientas computacionales creadas con este propósito: es lo que se conoce como Diseño Asistido por Computadora o *CAD* en inglés.
- Por otro lado, de un objeto existente –un objeto real que podemos tocar, como por ejemplo una mesa- sobre el cual se realiza un escaneado en tres dimensiones. Este escaneado reúne datos del objeto como son la forma y ocasionalmente el color (Yu, 2011, p.17), y luego son utilizados para crear un modelo tridimensional digital similar al resultante de un *CAD*. La diferencia radica en que en este caso el objeto ha sido extraído de la vida real, y no ha sido creado desde cero con un ordenador.

Gracias a esta información digital del objeto, la impresora 3D es capaz de recrear el modelo capa a capa, pasando de lo meramente digital a un objeto real y acabado.

### Historia y estado de la técnica

La fabricación por adición, lejos de ser un concepto completamente nuevo, se remonta a 1984 cuando Chuck Hull –presidente y co-fundador de la empresa 3D Systems- decidió patentar la primera máquina capaz de generar prototipos mediante la técnica de la Estereolitografía –término que luego definiremos. Desde entonces, han surgido numerosas tecnologías, todas ellas enmarcadas dentro de lo que se conoce como impresión 3D, por lo que podemos afirmar que dichas tecnologías son distintos métodos o formas de imprimir en 3D.

En la Figura 1 se resumen todas las tecnologías disponibles:

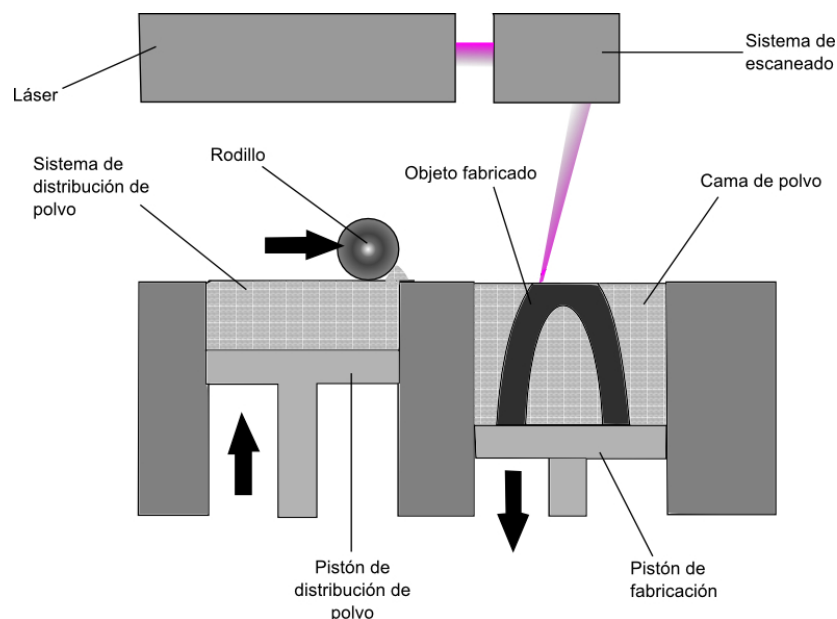
Tipo	Tecnologías
Extrusión	Modelado por deposición fundida (FDM)
Hilado	Fabricación por haz de electrones (EBF3)
Granulado	Sintetizado de metal por láser (DMLS) Fusión por haz de electrones (EBM) Sintetizado selectivo por calor (SHS) Sintetizado selectivo por láser (SLS) Proyección aglutinante (DSPC)
Laminado	Laminado de capas (LOM)
Fotoquímicos	Estereolitografía (SLA) Fotopolimerización ultravioleta (SGC)

**Figura 1.** Tecnologías de fabricación por adición. Fuente: elaboración propia.

De las tecnologías enumeradas en la tabla, los tres procesos más extendidos actualmente en el mercado son el Sintetizado Selectivo por Láser (SLS), la Estereolitografía (SLA) y la Deposición por Plástico Fundido (FDM). Si bien el objetivo de este artículo no es convertir al lector en un experto en la materia, conviene explicar brevemente estos tres métodos para poder analizar posteriormente sus posibles aplicaciones:

### Sintetizado Selectivo por Láser (SLS)

Consiste en la colocación de una capa fina de un material en polvo en un recipiente a una temperatura algo inferior a la del punto de fusión del material. Después, un láser sintetiza el material y solidifica una rebanada –o capa- del polvo, la cual formará ya parte del objeto final (Mazzoli, 2013, p. 162). De este modo, se van añadiendo sucesivas capas de material hasta que se obtiene el objeto deseado, completamente sólido. El polvo que no se ha solidificado –a causa de la forma del objeto- puede ser reciclado para posteriores usos. Una vez finalizado el objeto, se le suele someter a otros procesos de curación y protección mediante la aplicación de barnices.

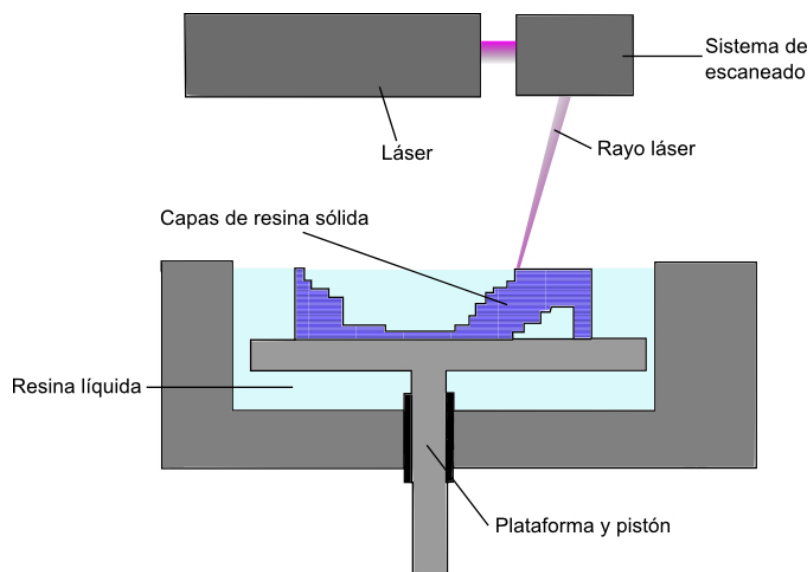


**Figura 2.** Proceso SLS. Fuente: elaboración propia basada en original de Wikimedia Commons.



### Estereolitografía (SLA)

Se trata de un proceso similar al SLS, con la diferencia de que en este caso se emplea una resina fotopolimérica<sup>1</sup> líquida en vez de polvo. Un haz de luz ultravioleta actúa capa tras capa hasta que se obtiene el objeto final. Cada capa se adhiere a la anterior, formando un objeto rígido o flexible, dependiendo de las cualidades de la resina utilizada (Tang, 2005, pp. 1-2).

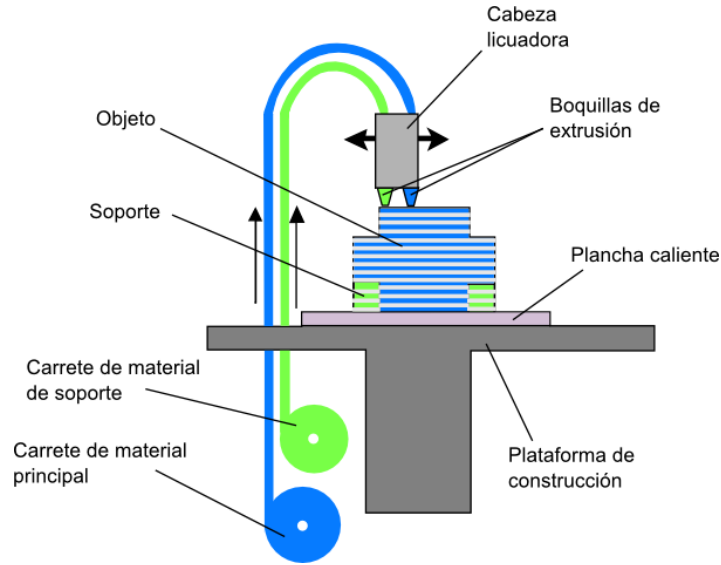


**Figura 3.** Proceso de Estereolitografía. Fuente: elaboración propia basada en original de Wikimedia Commons.

### Deposición de Plástico Fundido (FDM)

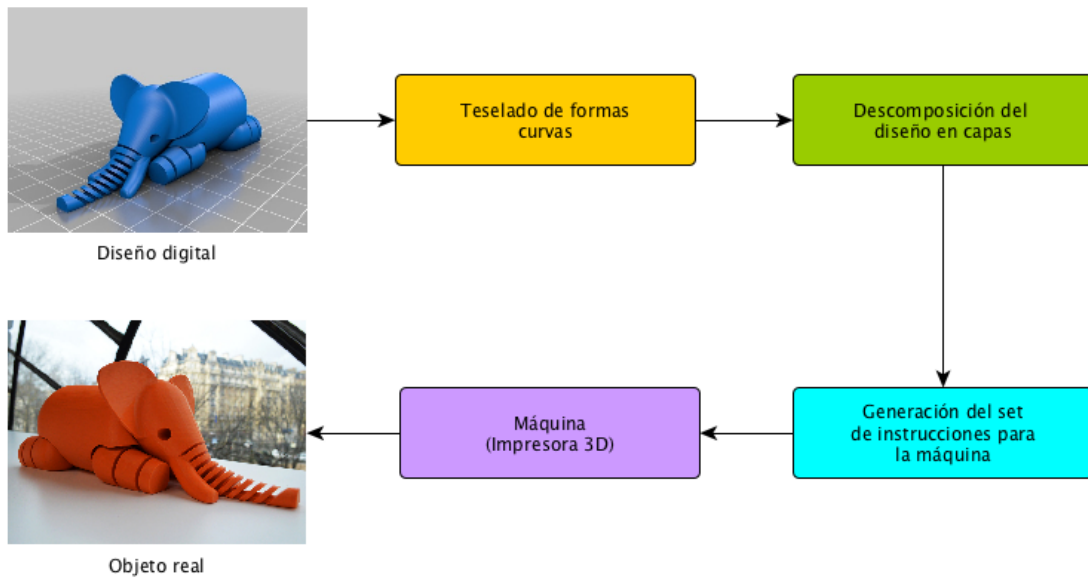
En 1992 se patentó el método conocido como FDM. Consiste en la deposición de capas de plástico fundido para ir construyendo el objeto. Un extrusor se encarga de empujar un filamento de plástico –normalmente plásticos PLA o ABS- a través de una boquilla a unas temperaturas muy elevadas, las cuales funden el plástico. Dicha boquilla se mueve por el plano utilizando motores (Himenez, 2011). Gracias a dicho movimiento, la boquilla va dibujando el objeto capa a capa mientras sigue empujando el plástico fundido, depositándolo. A medida que el plástico vuelve a solidificarse, se va adhiriendo al resto de capas ya finalizadas y el objeto resultante es totalmente sólido.

<sup>1</sup> Resina cuya composición química cambia tras la aplicación de un haz de luz con una determinada longitud de onda; como por ejemplo, una luz ultravioleta. Permite a dicha resina cambiar totalmente sus propiedades de dureza, textura y durabilidad.



**Figura 4.** Proceso FDM. Fuente: elaboración propia.

Sea cual sea la tecnología o método de impresión 3D utilizado, el proceso general para la fabricación es siempre el mismo: se parte de un modelo digital y la máquina se encarga de crearlo. En cuanto a los materiales de los objetos resultantes, la gama es cada vez más amplia: plásticos, metales, cerámica, arenisca, células –para la creación de órganos-, pasta de madera y alimentos, entre otros (Lemu, 2012).



**Figura 5.** Diagrama simplificado del proceso de fabricación por adición. Fuente: elaboración propia.

Gran parte del creciente interés sobre la impresión en 3D se debe a la liberalización de parte de las tecnologías y expiración de un gran número de patentes, en especial las

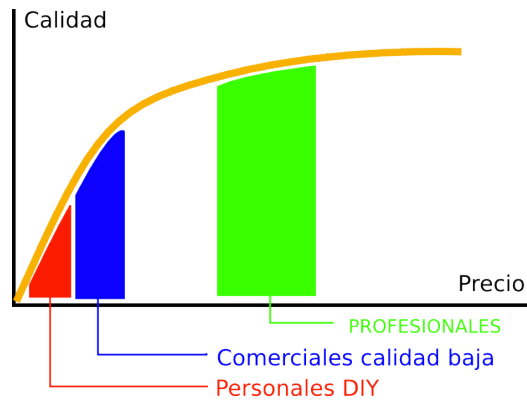
relacionadas con el proceso FDM (Crump, 1992); y no tanto a la gran novedad en lo que a nuevas invenciones se refiere. De hecho, de los materiales anteriormente mencionados, únicamente la fabricación por adición con células ha sido inventada en los últimos cinco años. El florecimiento del resto de procesos se ha producido principalmente por la adopción de dicha tecnología tanto por el lado de la oferta como por el de la demanda.

La liberalización de patentes y diseños industriales dio lugar, por ejemplo, a la creación de las llamadas *impresoras 3D personales, de bajo coste* o *DIY (Do It Yourself)*. Este concepto surge en el 2005 en la Universidad de Bath a través del conocido como movimiento RepRap (Reino Unido, RepRap, 2012), el cual consiste en ofrecer en Internet la información y medios necesarios para que cualquier persona pueda crear su propia impresora 3D en su hogar, aprovechando la liberalización de la patente FDM en 2006 –su papel hasta entonces se limitó a la elaboración de una declaración de intenciones. Toda la información, diseños y dibujos industriales de RepRap están disponibles al público bajo la llamada licencia GPL<sup>2</sup>.

A partir de la creación de RepRap y otras iniciativas orientadas a la impresoras DIY, el interés por la tecnología de fabricación por adición se disparó, y comenzaron a aparecer empresas que querían explotar este nuevo concepto. De este modo, aparecieron las primeras *impresoras 3D comerciales*, que se sitúan en un punto intermedio entre la sencillez y bajo coste de las impresoras DIY y la maquinaria industrial profesional surgida a partir de 1984. Así, aparecieron los modelos de impresoras de empresas como Makerbot Industries LLC, compañía adquirida por Stratasys Ltd. el 19 de junio de 2013 (Roos, 2013) y Bits From Bytes, adquirida por 3D Systems el 5 de octubre de 2010 (3D Systems, 2010). Dichos modelos ofrecen una muy alta calidad para su precio en comparación con los modelos profesionales de gama superior.

---

<sup>2</sup> *Gnu Public License*. Da la libertad de usar, estudiar, compartir y modificar la información, en este caso referente a los diseños de impresoras de RepRap (GNU Project, 2007).



**Figura 6.** Relación general calidad-precio entre distintas gamas. Fuente: elaboración propia.

Este crecimiento de alternativas permite a la tecnología llegar a nuevos mercados con diferentes necesidades. Si bien la brecha entre calidad, precio y prestaciones es aún notable, está disminuyendo a un ritmo muy acelerado, del mismo modo que ocurrió en el sector de los microprocesadores.

## El presente de la tecnología y su uso

Para poder hablar del presente de la impresión 3D, es necesario hacerlo principalmente a tres niveles, en referencia a las tres principales gamas que se ofrecen actualmente de la tecnología:

### Impresión 3D personal DIY

Como ya hemos explicado, desde 2006 han surgido movimientos que permiten a cualquier persona construir su propia máquina de fabricación por adición de una forma relativamente sencilla y por un presupuesto de entre 500 y 1.000 euros (RepRap, 2012). El mercado de las impresoras 3D personales alcanzó los 115 millones de euros en 2012 y se estima que llegará a los 590 millones para 2018 (Mahamood et al., 2014). A lo largo del 2013, más de 700 personas han construido su impresora 3D DIY en España (Paniagua, 2013). Sin embargo, la construcción de impresoras 3D personales sigue siendo un nicho de mercado, similar a un hobby o afición y no representa una ruptura del paradigma industrial actual. En la actualidad, las impresoras 3D DIY se utilizan para fabricar ciertos productos finales con objetivos muy específicos (Kaur, 2012), entre los cuales cabe mencionar:

- Fundas, bastidores y estructuras para dispositivos electrónicos como teléfonos móviles o cámaras de fotos y vídeo.
- Reemplazos y sustituciones de piezas de plástico de aparatos, bicicletas, juguetes y utensilios caseros.
- Creación desde cero de herramientas para el hogar a través de diseños digitales descargados de Internet.
- Instrumentos de cuerda o viento.
- Prototipos.

Los principales hándicaps de la tecnología de impresión 3D *casera* son, ante todo, las limitaciones derivadas de calidad y materiales utilizados. A día de hoy, los materiales disponibles para este tipo de impresoras se reducen prácticamente a algunos plásticos –PLA y ABS- y gomas (Lemu, 2012). A medida que los precios continúen bajando, la gama y calidad conseguida por este tipo de máquinas aumentará. Sin

embargo, existen expertos como Bregar (2014) y LaMonica (2013) que coinciden en que quedará como un empleo de la tecnología minoritario, en gran parte debido a su complejidad de uso. A pesar de que la documentación necesaria está disponible para el público, se necesitan ciertos conocimientos y esfuerzo para sacar provecho de las impresoras 3D DIY.

### **Impresoras 3D comerciales**

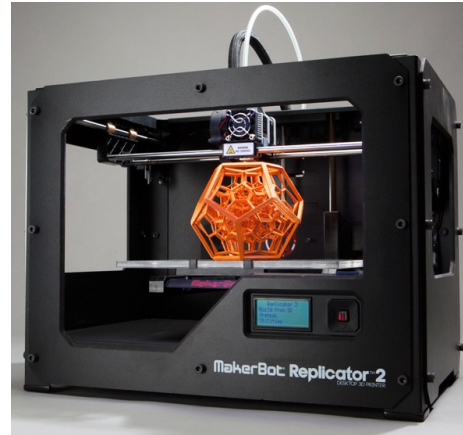
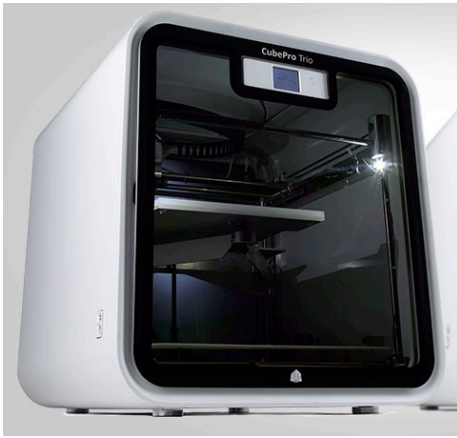
En los últimos 3 años hemos presenciado el florecimiento de una gran cantidad de compañías dedicadas a la venta y comercialización de maquinaria de impresión 3D para hogares y pequeñas empresas.

Uno de los protagonistas en este escenario es la ya mencionada Makerbot Industries LLC –adquirida por Stratasys-, la cual ha sido la principal promotora de la nueva gama de impresoras que se sitúan entre las DIY y las profesionales. Con unos precios que parten de los 1.300 dólares (Makerbot Industries, 2014), se puede adquirir una máquina ya acabada y preparada para crear objetos. Algunos expertos consideran a Makerbot el estándar en impresión 3D comercial (Hernandez, 2013), debido en gran parte a sus exitosas campañas de marketing. Sin embargo, desde sus orígenes en el 2009, han aparecido otras firmas con un enfoque prácticamente idéntico. Es el caso de las empresas Bits From Bytes y Cubify. Ambas forman parte ahora de 3D Systems, fundada en 1986 y que se dedicaba a la venta de impresoras 3D industriales profesionales antes de que se produjeran las adquisiciones mencionadas.

De este modo, las principales empresas dedicadas a la venta de impresoras comerciales forman parte de las corporaciones más antiguas y profesionales del sector. Esto se debe al interés por parte de aquellas de tener presencia en el mercado de gama media, a medida que la adopción por parte de los consumidores va en aumento. Se espera que la tecnología llegue al público general para 2017 (Bregar, 2014).

Si bien en la actualidad la utilidad de las impresoras comerciales no difiere mucho de las *caseras*, los esfuerzos por parte de los dos jugadores más grandes en la industria -3D Systems y Stratasys- están llevando nuevas utilidades a esta gama de impresoras. Más allá de los recambios y estructuras, las máquinas comerciales actuales permiten hacer, por ejemplo, piezas de mobiliario y recipientes. Se espera que a corto plazo permitan también hacer bisutería y joyería general –en metal-, además de prendas de vestir y

zapatería (Bengtson, 2014). De nuevo, reducir la brecha entre lo comercial y lo profesional es una de las principales prioridades de la industria.



**Figuras 7 y 8.** Impresoras 3D comerciales Cube Pro (izq) y Makerbot Replicator (dcha). Fuentes: <http://cubify.com>; <https://www.makerbot.com>

### Impresión 3D profesional

El sector profesional e industrial de la fabricación por adición es el que está consiguiendo la mayor parte de la atención por parte de los consumidores, productores, gobiernos e instituciones.

Desde un primer enfoque, la impresión 3D profesional permite las mismas aplicaciones que las dos categorías anteriormente mencionadas, con aumentos en la calidad, velocidad y acabado final de los objetos. A día de hoy, el uso más extendido de la impresión 3D sigue siendo la fabricación de prototipos con el objetivo de hacer pruebas de producto para luego producir en masa a través de los métodos tradicionales. Sin embargo, algunas empresas han comenzado a aprovechar esta tecnología para lo que Scott Crump, director ejecutivo de Stratasys, llama *augmented manufacturing* o fabricación aumentada (Brown, 2014). Consiste en utilizar la impresión 3D para hacer figuras, plantillas y herramientas que permiten cambiar las líneas de producción de un objeto de forma rápida y eficaz.

Además, el uso de la impresión 3D está creciendo en la fabricación de partes incluidas en productos finales para el mercado. De hecho, cada vez es más frecuente el uso del 3D para la combinación de múltiples ensamblados con el fin de hacer piezas muy complejas, imposibles de hacer con tecnologías anteriores como son los moldes o el

fresado industrial. Por ejemplo, empresas de fabricación para el sector de la aviación como General Electric o Boeing utilizan la tecnología de Stratasys para crear piezas que van directamente integradas en los aviones comerciales y militares (Dickey, 2013). Del mismo modo, los equipos de Fórmula Uno llevan años fabricando las llantas de los monoplazas con maquinaria de fabricación por adición. También empresas como Siemens comienzan a integrar la impresión 3D tanto en sus procesos de fabricación como en piezas de modelos finales (The Economist, Berlín, 3 de mayo de 2014).

Pero la fabricación por adición profesional no limita sus aplicaciones únicamente al propio sector industrial. En la actualidad, la impresión 3D ya está presente en muy distintos sectores:

### Construcción

Conocida también como *Building Printing*. Esta tecnología consiste en la construcción y levantamiento de edificios mediante el uso de maquinaria de fabricación por adición de gran tamaño. Una gran boquilla se mueve por los ejes XYZ sobre el solar y va empujando hormigón o polímeros de plástico para levantar un edificio habitable. En enero de 2013, las impresoras 3D para edificios permitían imprimir dos metros de material de construcción por hora, lo que se traduce en la capacidad de poder finalizar la construcción de una vivienda unifamiliar en poco más de cinco días (Fischer & Bazjanac, 2013). Otro ejemplo es el de la empresa china WinSun, la cual imprimió diez casas de demostración en 24 horas, utilizando cemento y materiales reciclados (Enington, 2014).

A pesar de que los beneficios son evidentes para la construcción de edificios en la tierra, las ventajas de la impresión 3D pretenden ser llevadas al espacio. La Agencia Espacial Europea está trabajando con la empresa londinense Foster+Partners para examinar el posible potencial de la impresión 3D para hacer bases lunares, lo cual permitiría que solo el 10 por ciento de la masa estructural necesaria para el edificio se importara desde la Tierra, aprovechando los materiales locales de la luna para el 90 por ciento restante de la construcción. La NASA está también realizando investigaciones similares (Anderson, 2013).



## Medicina

Los avances más significativos en la impresión 3D en los últimos años están sin embargo relacionados con el campo de la medicina. En la actualidad, las aplicaciones médicas de la impresión en 3D son escasas comparadas con las potenciales. A día de hoy, se utiliza por ejemplo para diseñar y crear partes de dispositivos de ayuda a la audición, que permiten que la pieza se adapte perfectamente al oído del usuario (Kaur, 2012).

También se ha extendido el uso de la tecnología para los sustitutos de piezas dentales, puesto que abarata en gran medida los costes y tiempos de fabricación. Del mismo modo, se comienzan a fabricar los primeros brazos y piernas biónicos con impresoras 3D para personas que han perdido una o varias de sus extremidades, así como partes rotas de la mandíbula.

Pero quizás la aplicación más polémica en el campo de la medicina sea la capacidad de crear órganos y tejidos a partir de células. De todos modos, los avances en este campo son todavía escasos, pero Winter (2014) afirma que ya comienzan a abrirse algunas puertas para que en el futuro se puedan reparar o incluso sustituir los órganos dañados por otros sintéticos. No obstante, este tipo de aplicación de la nueva tecnología trae consigo unos profundos debates éticos. La asesora en nuevas tecnologías Gartner (2014) considera que a partir de 2016 el dilema moral de este tipo de prácticas comenzará a ser verdaderamente tenido en cuenta, dado que para entonces se espera haber conseguido imprimir algunos órganos internos funcionales y duraderos.

Una primera cuestión que se puede plantear es la autoridad para poder imprimir dichos órganos. Es muy probable que en el corto plazo se plantee que solo empresas, organizaciones y hospitales autorizados sean capaces de adquirir el tipo de maquinaria necesaria para este tipo de prácticas. En la actualidad, la legislación sobre este tema es escasa. A medida que la tecnología progrese, serán necesarias profundas deliberaciones y nuevas regulaciones en el campo de la impresión en tres dimensiones aplicada a la medicina.

## Alimentación

En la actualidad, también se están haciendo grandes avances relacionados con la impresión de comida y platos por adición. El proceso es similar a los que se aplican para

la creación de objetos de plástico –utilizando principalmente el proceso FDM-, pero aplicado a los alimentos en crudo y dotando a los platos finales de la forma y textura deseada. En este campo destaca, por ejemplo, la empresa española Natural Machines, que aspira a lanzar impresoras de comida comerciales para restaurantes y firmas de diseño –a diferencia del uso de investigación que se está dando a nivel profesional actualmente. Emilio Sepúlveda, director ejecutivo de la compañía, afirma que “en la actualidad, no hay ningún modelo de impresora de comida lanzado a nivel comercial, todos se mantienen en prototipos.” (El Confidencial, 23 de noviembre de 2013).

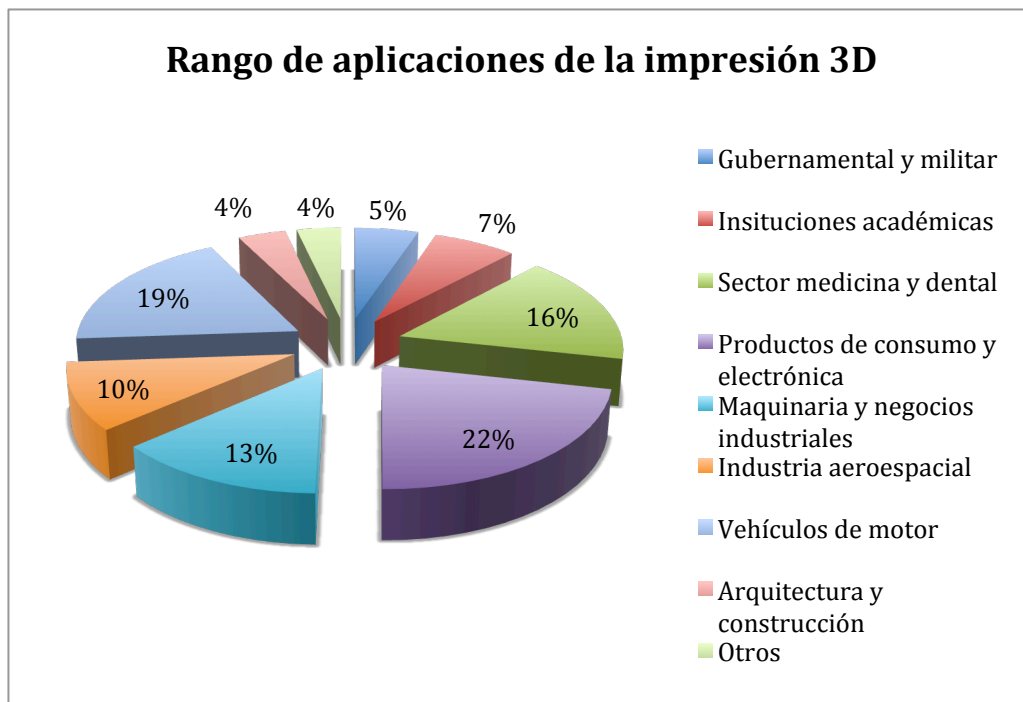
En mayo de 2014, la empresa Dovetailed –en colaboración con Microsoft- desarrolló la primera impresora capaz de imprimir fruta bajo demanda utilizando la técnica de gastronomía molecular, combinando gotas de compuestos de gel encontrados en la fruta para componer el plato (El Economista, 26 de mayo de 2014).

### **Sector del retail y personalización de objetos**

A pesar de que la tecnología de impresión 3D apareció hace más de 20 años, muchos de sus usos están siendo investigados y adoptados a medida que más patentes son liberalizadas y se extiende el mercado. Es el caso de los sectores del pequeño comerciante y retail. A pesar de que la tecnología de la que este sector puede aprovecharse apareció a principios de los años 90, es en la actualidad cuando se comienzan a ver los primeros indicios de uso.

En un sector tan competitivo como es el de la venta de pequeños productos con fines promocionales y publicitarios, comerciantes y vendedores de todo el mundo comienzan a implementar una estrategia de diferenciación mediante la subcontratación de productos personalizados para sus clientes aprovechando la versatilidad que ofrece la fabricación por adición. Si bien las impresoras 3D caseras o comerciales permiten en la actualidad hacer modificaciones y objetos personalizados, la calidad final, acabados y rango de materiales son todavía limitados y por ello las empresas lo siguen subcontratando a equipos con maquinaria profesional. Sin embargo, a medida que las impresoras de menor precio se acercan en calidad a las profesionales, esta tendencia posiblemente comience a cambiar.

Podemos observar cómo lo que comenzó siendo una tecnología destinada principalmente a la creación de prototipos y modelos, se está convirtiendo progresivamente en un nuevo sistema de fabricación, con bastantes limitaciones en ciertos sectores pero con un notable crecimiento. En la actualidad, las aplicaciones de la impresión en 3D a escala mundial siguen un reparto como el que podemos ver en la Figura 9:



**Figura 9.** Distribución de aplicaciones de la impresión 3D en febrero de 2014. Fuente: Wohlers Associates.

Cabe destacar que, por primera vez en la historia, el uso de la tecnología de impresión 3D para productos de consumo supera al del puramente industrial. Esto quiere decir que, aún siendo utilizada sobre todo de forma profesional, una parte importante de la fabricación por adición se utiliza ya para formar parte de objetos que se venden directamente al público en vez de para la creación de nueva maquinaria. De todos modos, las aplicaciones por sectores están repartidas de forma bastante equitativa.

## Proyecciones y futuro de la impresión 3D

Existe una gran expectación sobre el potencial de la tecnología de fabricación por adición. Algunos economistas, ingenieros, diseñadores, gobiernos, empresas y organizaciones de todo el mundo catalogan ya a la impresión 3D como una innovación disruptiva que es capaz de cambiar el paradigma de producción, tanto a nivel empresarial como en nuestros hogares (Brown, 2014).

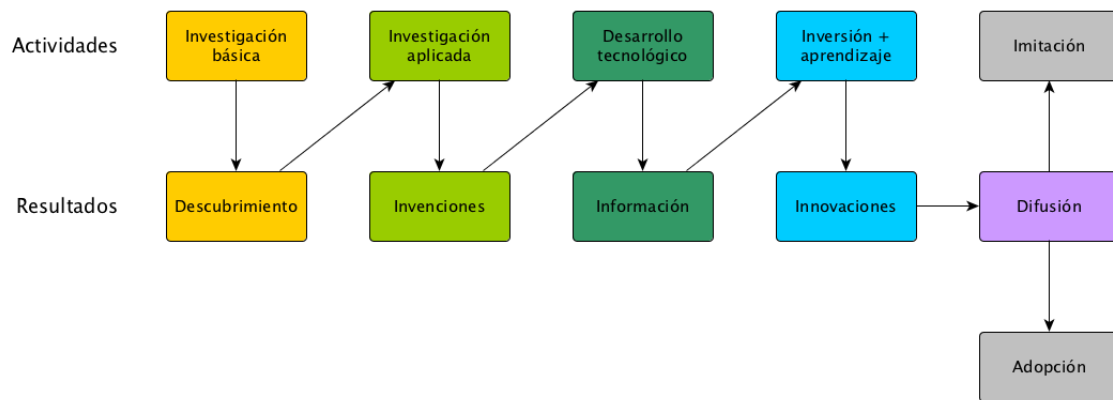
Para poder catalogar una innovación como disruptiva, es necesario que esté basada en una tecnología que reemplace y conduzca a la desaparición de otras existentes –aunque no sea por completo. Internet es un ejemplo de cómo una innovación disruptiva ha conseguido que el uso del correo postal disminuya.

Tras hacer un análisis en función de estudios y predicciones de expertos, se puede observar que existen una serie de puntos en los que la mayoría de autores coinciden, mientras que otros producen discrepancias. Para poder hacer un análisis de futuro a la impresión 3D, primero debemos considerar qué factores de éxito existen para que podamos hablar de innovación disruptiva.

### Factores de éxito

Hemos explicado cómo la tecnología de impresión 3D y el concepto de fabricación por adición no consisten en algo muy novedoso, sino que llevan más de 20 años existiendo. Sin embargo, ha sido en los últimos tres años cuando ha surgido el verdadero auge y gran parte de las proyecciones de futuro sobre la tecnología. ¿A qué se debe este hecho?

Para que lo que comienza como una idea o descubrimiento se convierta en una verdadera innovación, es necesario que experimente un proceso de transformación y evolución. Una de las teorías más aceptadas sobre dicho proceso de transformación es el llamado Modelo Lineal (Escorsa & Valls, 2003, p. 26), detallado en la Figura 10.



**Figura 10.** Modelo Lineal del proceso innovador. Fuente: elaboración propia basada en Escorsa & Valls (2003), p.26.

Desde la segunda mitad de la década de 1980 hasta el año 2006 –año en el que comenzó parte de la liberalización de patentes en la tecnología- solo unas pocas empresas tenían los medios necesarios para convertir la impresión 3D en una innovación cuyos beneficios pudieran ser captados por la sociedad. Las dos principales empresas eran las ya mencionadas 3D Systems y Stratasys, las cuales en 1995 ostentaban la propiedad de más de la mitad de familias de patentes referentes a los procesos de impresión 3D (UK Intellectual Property Office Patent Informatics Team, 2013, p.17).

En los primeros años, ambas empresas se concentraron en la explotación de sus patentes mediante la creación de maquinaria y procesos industriales de muy elevado presupuesto, aplicando la tecnología de impresión 3D en partes muy puntuales de la fabricación de otras piezas y maquinaria industrial. Atendiendo a la Figura 10, durante más de 20 años estas empresas concentraron sus esfuerzos en las tres primeras actividades: la investigación básica –comenzada por Chuck Hull a principios de los años 80-, la investigación aplicada –más destinada a sacar provecho de la tecnología para su maquinaria industrial- y el desarrollo tecnológico –la materialización de las investigaciones en materiales y procesos funcionales, es decir, las primeras impresoras 3D completas.

Sin embargo, es en la actualidad cuando vemos un verdadero cambio de tendencia y un aumento en el número de aplicaciones de la tecnología, tanto a nivel *casero* como profesional. Una serie de factores han sido determinantes para poder dar el salto desde las meras invenciones con aplicación limitada y aprovechada por unos pocos jugadores a la consolidación de una tecnología con grandes proyecciones en el futuro:

## Liberalización de patentes

Las patentes confieren a sus titulares el derecho a impedir de forma temporal a otros la fabricación, venta o utilización en una determinada área geográfica de una invención. El 9 de junio de 2015 caducarán cinco patentes relacionadas con la impresión en 3D, a las cuales se suman las 45 que han expirado –a junio de 2014- (Hornick & Roland, 2013). La gran mayoría de estas patentes pertenecían a las dos grandes empresas estadounidenses pioneras –3D Systems y Stratasys. Otras pertenecían a particulares e investigadores independientes.

<b>Cantidad de patentes concedidas y no expiradas (Estados Unidos, 2013)</b>	
3D Systems	23
Sin especificar	10
Stratasys	8
Universidad de Texas	7
MIT	6
Formigraphic Engine Corporation	4
Object Geometries, Ltd.	4
Optomec Design Company	3
Otros	35

**Figura 11.** Patentes sobre procesos de impresión 3D de empresas estadounidenses. Fuente: IDF Report, 2013.

A medida que las patentes expiran, podemos comprobar cómo nuevas tecnologías son adoptadas por otras empresas e instituciones. Los primeros en aprovechar dichas tecnologías liberadas suelen ser las organizaciones y grupos dedicados a la fabricación de impresoras DIY. Luego, la tendencia se extiende a los fabricantes comerciales y, por último, a terceras empresas en sectores más profesionales. Si bien gran parte del mercado sigue perteneciendo actualmente a las dos grandes, la política agresiva de otras empresas comerciales e industriales hace que, por un lado, la información y aplicaciones se diseminen rápidamente y, por otro, que la cuota de mercado de los principales líderes –como 3D Systems y Stratasys- disminuya.

Un claro ejemplo de esta tendencia es el acuerdo entre la NASA y el ingeniero mecánico Anjan Contractor y su equipo, el cual será el encargado de investigar e implementar impresoras 3D para imprimir comida a los astronautas durante las misiones espaciales (NASA, 2013). Las dos grandes tienen actualmente los recursos para poder hacer este tipo de trabajo. Sin embargo, la NASA prefirió hacer un contrato con unos

investigadores independientes. Este caso sirve como ejemplo de la importancia de la liberalización de la tecnología para su difusión en el mercado.

Algunos expertos (D'Aveni, 2013) opinan que a medida que más patentes expiren –y lo hagan a escala internacional-, aumentará el impulso de nuevas empresas e iniciativas en torno a la innovación. Sin embargo, otros autores creen que cuanto más crezca el mercado, más recursos dedicarán las empresas a proteger y conseguir nuevas patentes para dominar el mercado, ante la imposibilidad de conseguir otro tipo de ventajas competitivas (Seeking Alpha, 2014). Aun así, cada vez resulta más complicado conseguir nuevas patentes en el campo de la tecnología de fabricación por adición. Mientras que el número de solicitudes a escala mundial crece prácticamente año tras año, el número de concesiones se mantiene prácticamente constante desde 2004. Además, cabe destacar que gran parte de las nuevas patentes concedidas en los últimos años no son patentes relacionadas con innovaciones en la tecnología básica, sino sobre métodos de negocio, software o aplicaciones médicas (UK Intellectual Property Office Patent Informatics Team, 2013, p. 12)

## Internet

Otro factor determinante en la difusión y mejora de la tecnología de fabricación por adición es Internet. Anteriormente quedó explicado cómo un objeto impreso en tres dimensiones tiene su origen en un archivo digital, ya sea diseñado o escaneado. Sin ánimo de profundizar mucho en las características de los archivos que utilizan las impresoras, podríamos comparar sus propiedades con las de las fotografías o archivos de música digitales –como el MP3. Al igual que en estos dos casos, los archivos 3D se pueden crear independientemente, compartir por Internet y modificar de una forma relativamente sencilla simplemente adquiriendo ciertos conocimientos generales que además, están también disponibles en Internet<sup>3</sup>. Para la creación y modificación de diseños y objetos hay todo tipo de herramientas. Google ofrece a cualquier persona acceso a un rudimentario pero sencillo programa de diseño CAD sin ningún tipo de coste (Peacock, 2014).

---

<sup>3</sup> En Internet tenemos a nuestra disposición cientos de documentos y manuales que nos permiten aprender sobre el tratamiento de archivos digitales 3D. Un ejemplo es el documento de Brière-Côté, Rivest & Maranzana (2012).

Pero Internet no solo beneficia a aquellas empresas y particulares que poseen conocimientos CAD. Del mismo modo, en los últimos años han surgido repositorios de archivos CAD listos para ser impresos en 3D. En dichos repositorios encontramos una gran variedad de objetos previamente diseñados o escaneados que un usuario puede descargar e imprimir. En la actualidad existen dos tipos de portales con estas características: unos son abiertos, donde los diseños no están protegidos por derechos de autor y son gratuitos; y otros son cerrados. En el caso de estos últimos, la empresa o particular debe pagar para poder descargarlos y utilizarlos. Ejemplos de este tipo de portales son Thingiverse<sup>4</sup> de la empresa Makerbot y el de la empresa de servicios de impresión 3D Shapeways<sup>5</sup> (Goldberg, 2014).

Sin embargo, la posibilidad de compartir diseños y objetos por Internet trae unas serias consecuencias en el marco legal relacionadas con la autoría de las obras y las patentes y los derechos de autor sobre los diseños y objetos, de las que hablaremos más adelante.

### Bajada de costes

Como ocurre con cualquier tecnología, los costes iniciales en las primeras fases de desarrollo de la invención son muy elevados comparados con los rendimientos obtenidos. La tecnología de fabricación por adición es un claro ejemplo, puesto que la bajada de costes relativos de producción en los últimos años son de los más destacados de la historia de la industria, permitiendo bajar los costes de creación de herramientas y prototipos hasta en un 73 por ciento, según un estudio de la empresa Stratasys (2010). La bajada de costes afecta sobre todo a las tecnología FDM tal y como se puede ver en la Figura 12:

Herramienta	Con FDM	Con métodos tradicionales
Brazo robótico	600 US dólares 24 horas	10.000 US dólares 4 semanas
Tocadiscos automático	8.800 US dólares 2 semanas	50.000 US dólares 8 semanas
Placa de acero	20 US dólares 2 horas	200 US dólares 2 semanas

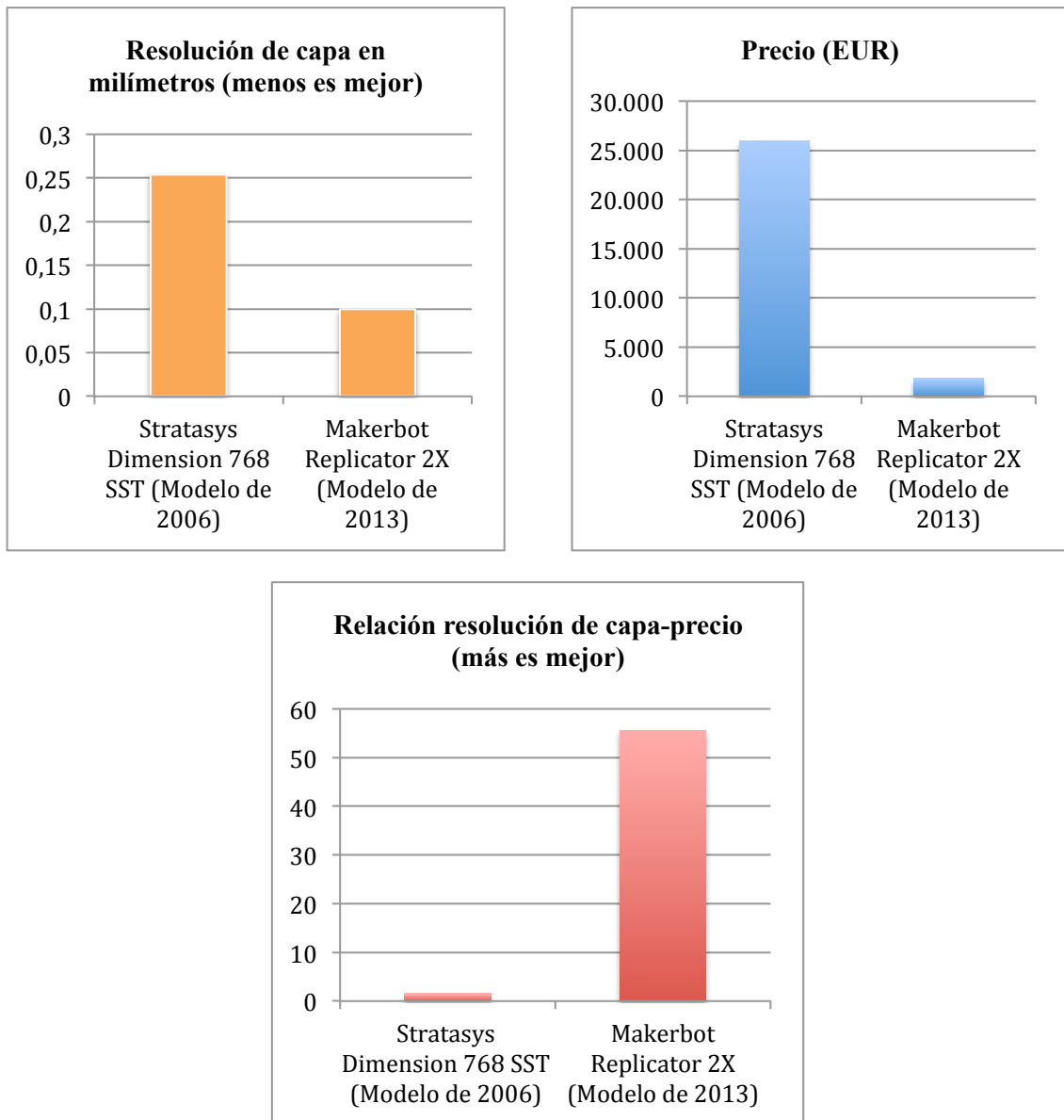
**Figura 12.** Beneficios del FDM comparado con métodos tradicionales de fabricación. Fuente: elaborado a partir de Stratasys case study: Thogus Products (2011)

<sup>4</sup> <<http://www.thingiverse.com/>>

<sup>5</sup> <<http://www.shapeways.com/>>



Cabe mencionar que además de reducirse el coste de los productos fabricados con dicha tecnología, también la propia maquinaria experimenta bajadas de costes continuos debido a la creciente producción en masa y economías de escala, además de por la continua renovación de procesos y materiales. La calidad obtenida por las impresoras profesionales hace 20 años es inferior a la que se puede obtener actualmente con una máquina de 575 dólares (Beato, 2014).



**Figuras 13, 14 y 15:** Evolución de la calidad (arriba izq), precio (arriba dcha) y relación entre ambas variables (abajo). Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, para determinados productos fabricados en masa, los moldes siguen siendo más eficientes en cuanto a costes se refiere. A la industria le queda mucho por desarrollar y la tecnología actual raramente sale rentable para lotes superiores a mil

unidades. Aún así, a medida que la tecnología mejora, los tamaños de lote rentables crecerán (Bassan & Srinivasan, 2012, p. 6).

Además, la impresión 3D permite un mejor aprovechamiento de ciertos recursos puesto que, a diferencia de los moldes tradicionales, no se desperdicia material. Toda la materia prima sobrante, sea cual sea el proceso de impresión aplicado, puede ser reutilizado en la siguiente impresión.

### Variedad de materiales

En sus inicios, las impresoras 3D únicamente podían crear objetos en plásticos. A medida que el rango de materiales aumenta, las posibilidades se multiplican. No en vano, una gran parte de la investigación en torno a la fabricación por adición está volcada en el descubrimiento de nuevos materiales –en su mayoría polímeros-, puesto que son un factor determinante en el auge de la tecnología.

La Universidad de Illinois –Lewis Research Group- ha creado una gran variedad de materiales que permiten un nivel de detalle y propiedades físicas nunca vistas hasta la fecha. Los investigadores han descubierto materiales funcionales que mejoran con creces la conductividad y maleabilidad del cobre, otros con gran capacidad de aligeramiento de estructuras e incluso polímeros que se auto-reparan con el paso del tiempo (Bassan & Srinivasan, 2012, p. 7).

Del mismo modo, se están logrando grandes avances en la impresión de metales. A pesar de que la tecnología ya existe y se utiliza, la fabricación mediante el uso de metal y su depósito de forma milimétrica con impresoras de alta precisión permitirá una gran reducción en el tamaño de circuitos integrados de consumo. Utilizando tinta de plata impresa sobre superficies tridimensionales se consiguen hacer pequeñas antenas eléctricas con un rendimiento muy superior al de las antenas tradicionales (Bassan & Srinivasan, 2012, p. 9), lo cual abre un gran número de puertas en la industria de los “vestibles” –*wearables* en inglés-<sup>6</sup>, sensores y microelectrónica.

---

<sup>6</sup> Dispositivos electrónicos pensados para llevar en nuestro cuerpo, tales como relojes inteligentes, gafas con poder computacional o sensores corporales.

## Consecuencias y futuras posibilidades

A pesar del florecimiento de tecnologías y aplicaciones que ha sufrido la industria en los últimos cinco años, a día de hoy la impresión en 3D se encuentra todavía en sus comienzos. Sin embargo, la mayoría de expertos consideran que nos encontramos precisamente en el momento de verdadero despegue de la tecnología, la cual pretende desafiar a la mayoría de métodos tradicionales de fabricación (Geelhoed, 2013, Zeleny, 2012 & Wagner, 2013).

Lo cierto es que el potencial de esta tecnología aún está por determinar. En la actualidad, los jugadores más grandes de la industria alcanzan unas cifras de mercado que, aún siendo elevadas, distan mucho de las que observaremos en el futuro.

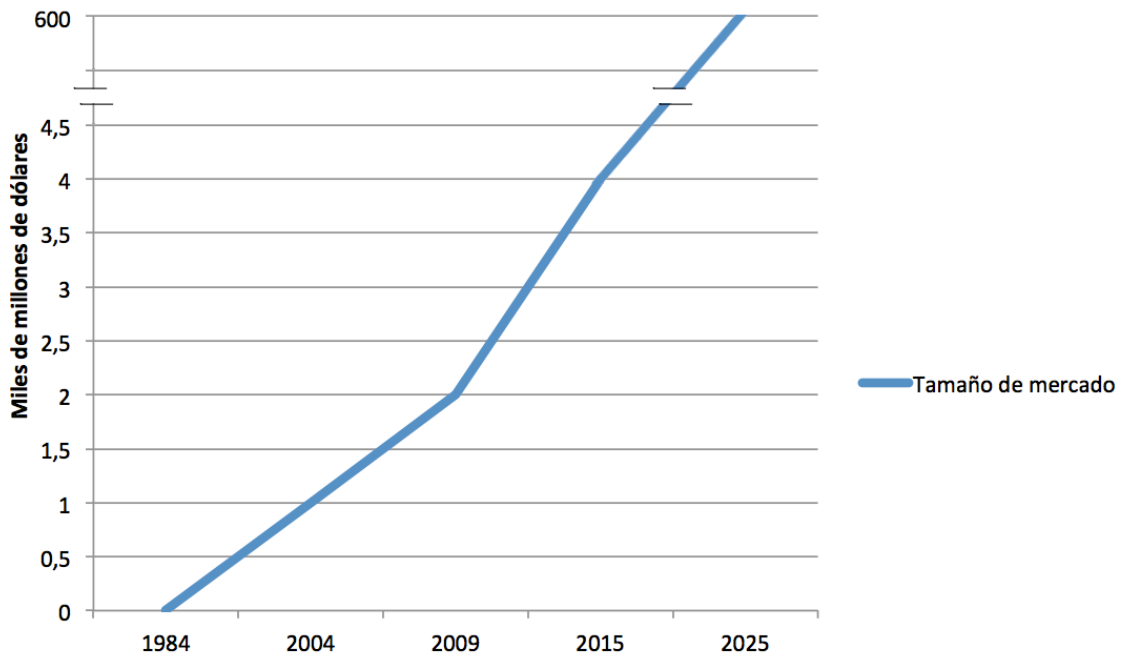
Nombre	Símbolo	Capitalización de mercado (febrero de 2014)
3D Systems Corporation	DDD	8,03 mil millones de \$
Stratasys Ltd.	SSYS	6,16 mil millones de \$
Organovo Holdings Inc	ONVO	830,31 millones de \$
MGI SA	ALMDG	198,38 millones de \$
Camtek LTD.	CAMT	132,88 millones de \$
Voxeljet AG	VJET	546 millones de \$
ExOne Co	XONE	666 millones de \$
ARCAM AB ORD	AMAVF	676,82 millones de \$
Sigma Labs Inc	SGLB	69,56 millones de \$

**Figura 16.** Capitalización de mercado de los líderes en la industria. Fuente: Elaboración propia.

Diferentes fuentes dan proyecciones sobre el posible alcance y tamaño de la industria. El McKinsey Global Intsitute sugiere que la impresión 3D tendrá un impacto de 550.000 millones de dólares para 2025 (Cohen, Sargeant & Somers, 2014). Por otro lado, Wohlers Associates tiene un concepto algo más pesimista del crecimiento: prevén que la industria continuará un crecimiento sobre dos dígitos en los próximos años, y el tamaño de mercado de los productos y servicios basados en la fabricación por adición se acercarán a los 10.800 millones de dólares para 2021 (Taylor, 2014), basándose en los informes actuales y la comparación con otras innovaciones disruptivas.

Si nos remontamos a la historia de la tecnología, podemos hacer otra estimación alternativa: la industria tardó 20 años en alcanzar su primer millar de millones de dólares en tamaño. En los siguientes cinco años, la industria generó su segundo millar

de millones. Se espera que la cifra vuelva a duplicarse hasta los 4.000 millones en 2015 (Park, 2013). Si continuamos la progresión de forma exponencial teniendo en cuenta estos tres puntos, podemos estimar que el tamaño de la industria para 2025 será de unos 600.000 millones de dólares aproximadamente.



**Figura 17.** Proyección del crecimiento del mercado basado en los datos de crecimiento actuales. Fuente: elaboración propia.

Independientemente de las estimaciones sobre el tamaño del futuro mercado, existen una serie de consecuencias directas derivadas de la impresión 3D, que podrían afectar a diferentes industrias y organizaciones. Las ventajas de las tecnologías de fabricación por adición pueden traer cambios profundos en el modo en el que los objetos y productos son diseñados, desarrollados y producidos a escala mundial:

### **Aceleración de los ciclos de producción y desarrollo de nuevos productos**

Desde su origen, una de las principales ventajas de la impresión en 3D fue la reducción en los tiempos de desarrollo de productos. Los métodos tradicionales de creación de la primera unidad de producto –a través de moldes y ensamblados, entre otros- no solo son mucho más costosos en tiempo, sino también en recursos. Gracias a que el origen de una impresión en 3D se basa únicamente en un diseño digital, se puede obtener el primer producto terminado en cuestión de horas en la mayoría de los casos, comparado

con las semanas de los métodos clásicos (Bassan & Srinivasan, 2012, p. 3).

La capacidad de hacer prototipos sin necesidad de ensamblado permite a las empresas poner a prueba diferentes configuraciones en función de las necesidades de los clientes o las propiedades requeridas para el producto, sea cual sea el material utilizado. Esto permitirá en el futuro reducir en gran parte los riesgos en los lanzamientos de nuevos modelos al mercado.

Del mismo modo, mientras que las ventajas de la impresión 3D no sean absolutas comparadas con las de las técnicas tradicionales, las empresas serán capaces de utilizar partes impresas en 3D y comenzar a vender productos directamente en el mercado mientras los medios más tradicionales se ponen a punto para la entrada en producción en masa –como ya comentamos anteriormente, es a día de hoy una de las principales desventajas de la tecnología en algunos ámbitos. Esto permitirá a las empresas alcanzar antes su mercado objetivo.

### **Innovación en las estrategias de fabricación**

En los últimos años, el uso de la impresión 3D ha abandonado la exclusividad del prototipado y aplicación industrial para dar paso a la creación de productos finales. En el 2011, únicamente el 25% de las aplicaciones de la fabricación por adición estaban destinadas a productos finales (Cohen, Sargeant & Somers, 2014). A medida que los costes de fabricación bajen y continúe la mejora de la tecnología y materiales, la gama de productos y piezas impresas en 3D económicamente rentables aumentará. Sin embargo, es posible que existan ciertos casos en los que no sea rentable producir utilizando la fabricación por adición hasta un futuro a muy largo plazo. Empresas como Boeing o Audi ya están comenzando a investigar qué partes de sus productos completos existentes merecen ser impresos en 3D y cuáles no.

Además, los objetos impresos en 3D requieren menos costes no solo en materiales y ocasionalmente en tiempo, sino que además eliminan, por completo en algunos casos, la necesidad de procesos de ensamblado. En la actualidad todavía no se pueden encontrar apenas productos de consumo general fabricados íntegramente con impresión 3D, sino que piezas impresas en 3D son ensambladas junto con otras piezas y materiales. Sin embargo, esta tendencia probablemente cambiará en el futuro, a medida que los costes sigan bajando.

Un posible resultado sería la mayor importancia que adquiriría la fabricación de productos en zonas geográficas cercanas al cliente final. De este modo se podría reducir significativamente el tiempo de llegada al mercado objetivo. No obstante, también cabe la posibilidad de que los bajos costes de electricidad y materiales de otros países unido a la simplicidad para enviar los diseños digitales a través de Internet, desemboque en el efecto contrario. En esta última cuestión cobrarán especial importancia los futuros materiales de fabricación. Actualmente, y teniendo en cuenta que cada vez las inversiones en la investigación y desarrollo de nuevos polímeros y componentes son más elevadas y se realizan de forma sintética en laboratorios (Bassan & Srinivasan, 2012, p. 7), es probable que en muchos casos sea más rentable la primera opción –cercanía geográfica con el cliente.

### **Cambio en las fuentes de beneficio productivas**

La tecnología de fabricación por adición podría cambiar la forma en la que las empresas añaden valor a sus servicios y productos. La subcontratación por parte de Apple de la producción de sus ordenadores y otros dispositivos permite a la empresa centrar sus esfuerzos en el diseño y prestaciones de éstos, y no en su fabricación.

Además, la impresión 3D va permitiendo a las empresas reducir los costes y complejidad y, a medida que esta tendencia se acentúe en el futuro, aumenta la probabilidad de que las compañías tengan que buscar nuevas formas de diferenciación con respecto a sus competidores. Algunas de las soluciones podrían pasar por hacer productos que sean más sencillos de reparar.

Otra ventaja muy importante de la fabricación por adición es la versatilidad a la hora de alterar diseños, puesto que únicamente se necesita modificar el archivo fuente digital. Esto abre a las empresas la oportunidad de ofrecer productos personalizados –más allá de las posibilidades actuales en sectores como el retail- a un bajo coste, y por tanto a una mayor cantidad de clientes. La conjunción entre las posibilidades de personalización y de adaptación del producto al cliente, y no al revés, puede ser una fuente de ventaja competitiva, dañando la posición de mercado de los grandes jugadores en las distintas industrias, así como la creación de nuevos nichos de mercado.

Cierto es que en algunas partes de la cadena de valor, las ventajas de la impresión 3D son menos apreciables por los clientes finales. No obstante, su impacto puede ser igual

de importante. Un buen ejemplo de esta proyección podría ser el mercado de recambios de piezas para determinados productos de consumo que ya no se fabrican. Actualmente, Microsoft (Nokia) ya permite la impresión en 3D de la carcasa de algunos de sus modelos de teléfonos inteligentes (Nokia, 2013), y HP publica modelos digitales de algunas piezas de sus impresoras de papel antiguas para extender la vida útil de sus productos. A priori, podría parecer que extender la durabilidad de los productos no es la opción más rentable para las compañías. Sin embargo, abre todo un mundo de posibilidades en lo que a servicios post-venta se refiere.

### **Aparición de nuevos competidores**

Otra consecuencia de la impresión 3D es la reducción de barreras de entrada a muchos sectores. Actualmente, con los medios tradicionales, conseguir colocar la primera unidad de producto en el mercado es muy costoso en ciertas industrias. Gracias a la versatilidad de estos nuevos métodos de fabricación es más barato comenzar a producir, aunque sea a baja escala o para servir a nichos de mercado.

La fabricación directamente desde un modelo digital simplifica y reduce en gran parte el trabajo de los diseñadores, quienes solo tienen que llevar el CAD digital desde la pantalla del ordenador a la maquinaria para comenzar a producir. Durante los últimos dos años han aparecido una gran cantidad de negocios en todo el mundo cuyo valor añadido consiste en ofrecer productos altamente personalizados o diseñados de forma colaborativa (Zeleny, 2012). Otros actúan como plataformas y repositorios que también distribuyen los productos diseñados y vendidos online por los propios clientes, llevándose una comisión –es el caso de la ya mencionada Shapeways. Este tipo de modelo de negocio está ofreciendo nuevos canales de comunicación con los clientes, que a las empresas más maduras les puede costar establecer.

A día de hoy, estos nuevos competidores son jugadores de mercados de nicho y pequeños segmentos, donde los consumidores están dispuestos a pagar más por un diseño rompedor, una geometría o material exótico o una rápida distribución del producto. No obstante, en el largo plazo, esta tecnología puede cambiar los paradigmas de competición en los mercados de formas inesperadas, a medida que la posibilidad de fabricar en grandes volúmenes a bajo coste sea más accesible para cualquier organización.

## Consecuencias para distintas industrias

Como se puede deducir de todo lo anterior, existen sectores y negocios que han comenzado a acoger los beneficios de la tecnología de fabricación por adición con entusiasmo.

Por otro lado, la innovación permite un acercamiento de la producción al objetivo o consumidor final de los productos, lo cual afecta directamente a diferentes industrias:

## Compañías y organizaciones relacionadas con el tratamiento de desperdicios y reciclado

Una de las consecuencias directas de las tecnologías de fabricación por adición es la reducción de material inaprovechable y desperdicios. Puesto que el material sobrante puede ser reutilizado, se reduce la necesidad de la intervención de este tipo de empresas.

## Empresas de transporte y empaquetado

A medida que aumente el uso de la impresión 3D, siempre que sea en zonas próximas geográficamente a los consumidores, el empaquetado y transporte de muchos productos podría llegar a ser innecesario, siendo únicamente esencial la distribución de los materiales y materias primas necesarias para imprimir (Geelhoed, 2013). Esto desembocaría en cambios en las cadenas de suministro tanto de las empresas como de los consumidores. Existen probabilidades de que en el futuro aumente el número de compras realizadas directamente por particulares, eliminando así la necesidad de vender productos a través de los distribuidores existentes actualmente. Las altas direcciones de empresas como DHL ya han empezado a debatir sobre el tema (Smyrlis, 2011).

## Logística y almacenes

Otro resultado de la impresión 3D es que exime en gran medida de la necesidad de acumular productos terminados en almacenes. Si bien siempre va a ser necesario un mínimo de stock en muchos tipos de producto –especialmente los consumidos en masa-, el almacenamiento de los materiales *en crudo* –antes de la fabricación- es mucho más barato y eficiente que el de productos terminados. Del mismo modo, gran parte de los



materiales que se utilizan en la actualidad pueden ser primero moldeados para adaptar su volumen al método de almacenamiento más eficiente y luego re-moldeados para la producción final sin cambios en las propiedades materiales (Bassan & Srinivasan, 2012, p. 4).

### **Sector del retail**

Existen empresas dentro del sector que ya están aprovechando la versatilidad de la impresión en tres dimensiones para añadir valor a sus productos de cara al cliente. Sin embargo, la nueva tecnología puede ser un arma de doble filo para este tipo de compañías. Hay una gran cantidad de productos que no requerirán ser comprados por los canales de distribución convencionales.

Para evitar este efecto, algunos fabricantes y distribuidores –Amazon entre ellos- están comenzando a investigar la posibilidad de vender licencias a consumidores finales o pequeños talleres o tiendas de impresión 3D para que sean capaces de crear ellos el objeto directamente (Kohrman, 2014). Además, es posible que muchos fabricantes prefieran la opción de vender los diseños o sus derechos de impresión, sin necesidad de intermediarios, con el fin de aumentar sus márgenes de beneficio. Todo esto podría desencadenar una reducción del tamaño de la industria del retail tradicional, o incluso desaparecer para determinados tipos de productos.

### **Publicidad y marketing**

Puesto que la distancia física entre fabricante y comprador puede reducirse, también puede hacerlo la distancia comunicativa entre ambas partes. Muchos fabricantes y diseñadores podrán obtener una ventaja competitiva centrando parte de sus esfuerzos en la promoción y publicidad de sus productos, en vez de tener que depender del apoyo adicional del sector del retail.

### **Diseñadores**

A pesar de que la impresión 3D puede impactar de forma negativa sobre muchos negocios, existen otros que se verán claramente beneficiados. Es el caso de los

diseñadores, ante los cuales se abre un mundo de posibilidades. En el caso de que la fabricación *per se* de objetos y productos pierda gran parte de su importancia, aumentará la libertad y el margen captado por los creadores de diseños. Plataformas y repositorios como Thingiverse y Shapeways pueden convertirse en el futuro en una fuente de ingresos para los desarrolladores de productos tan importante como lo son actualmente las tiendas de aplicaciones para móviles (Geelhoed, 2013).

### **Cambios en la mano de obra**

Otra consecuencia relacionada con el aumento del uso de la impresión en tres dimensiones puede ser la reducción de necesidad de mano de obra en las tareas relacionadas con la producción y ensamblado de productos finales.

Hornick y Roland (2013) afirman que la impresión 3D, junto con los esfuerzos que hacen las empresas por reducir sus costes energéticos, permitirán a muchos trabajadores comenzar a operar desde sus domicilios o volver a sus países de origen. Analizando la situación, podríamos afirmar que un efecto derivado puede ser también el resurgimiento de parte de la fabricación en los países desarrollados. Siempre y cuando los materiales –y su producción- estén disponibles, sería posible que los distintos países recuperaran algunas actividades externalizadas en el pasado. Sin embargo, el proceso de un cambio tan notable sería bastante gradual, dadas ciertas limitaciones actuales de la tecnología; especialmente en lo que a volumen de fabricación se refiere.

De todos modos, en la actualidad, resulta imposible medir el efecto que la tecnología puede tener en el mercado laboral. En general, las esperanzas en Occidente puestas en la impresión en tres dimensiones pasan por devolver parte de la fabricación a los países donde están constituidas las empresas productoras. Un ejemplo son las declaraciones de Scott Paul, director ejecutivo de la Alliance for American Manufacturing, quien afirma: “(La fabricación con impresoras 3D) es muy competitiva en costes con cualquier producto que puedas conseguir en China.” (USA Today, 7 de octubre de 2012).

A pesar de que a día de hoy no se puede determinar el impacto que puede tener la impresión 3D, es muy probable que destruya ciertos puestos de trabajo. No obstante, también puede dar lugar a nuevas oportunidades laborales. A lo largo de la primera década de los años 2000, Internet ha destruido algunos tipos de empleo, creando a su vez otros nuevos. Un efecto similar podría ocurrir con las tecnologías de fabricación por adición.

## Limitaciones de la tecnología

Como ocurre con cualquier tecnología innovadora, la impresión en tres dimensiones tiene ciertas limitaciones si la comparamos con los métodos de fabricación más extendidos actualmente. Existen dos limitaciones principales a día de hoy: el precio y la producción en masa.

Con respecto al precio, las consecuencias son evidentes. Todas las innovaciones comienzan con un precio elevado –debido a los costes de la nueva tecnología-, y es especialmente apreciable en el caso de las impresoras. A pesar de que existen modelos baratos –como son las impresoras DIY-, aquellas empresas que requieran mejor calidad y acabados tendrán que optar por soluciones profesionales que, actualmente, son muy costosas. Dependiendo de las condiciones y del sector del que se hable, la limitación del precio es más o menos notable. En el caso de empresas que producen pocas cantidades de piezas u objetos de elevado coste, la impresión 3D puede ser una buena alternativa a las técnicas tradicionales de producción por moldes o corte de metales por láser. No obstante, son necesarias fuertes inversiones en maquinaria que muchas organizaciones –en especial pequeñas y medianas empresas- no se pueden permitir.

Si bien en el caso del precio el problema se puede solucionar con inversiones más fuertes, en el caso de la producción en masa la dificultad es ineludible. En industrias donde fabricar mayor cantidad de producto que los competidores es esencial, la impresión 3D no es una opción viable. La nueva tecnología ofrece versatilidad a la hora de hacer cambios o crear nuevos productos, pero no resulta ideal para la producción de grandes volúmenes de productos estandarizados. Con los métodos de fabricación tradicionales, conseguir la primera unidad de producto resulta muy costoso –por ejemplo por la necesidad de hacer un molde, los cuales son muy caros-, pero una vez conseguida el proceso se beneficia ampliamente de las economías de escala. Cada vez las impresoras ofrecen mayor calidad de acabado en menos tiempo, pero los resultados no son comparables con los de una cadena de montaje planificada.

Otra limitación solía ser la escasez de materiales. No obstante, se trata de una barrera que se está superando con bastante facilidad; especialmente desde la aparición de las impresoras profesionales capaces de construir en metal. Aun así, a día de hoy no existen modelos comerciales –de gama media- en el mercado capaces de imprimir en metal con buenos resultados. Para ciertos usos es necesario tener también en cuenta las

limitaciones en tamaño: las impresoras 3D solo pueden crear objetos de unas dimensiones iguales o inferiores al recinto interior de su zona de fabricación. Como hemos mencionado anteriormente, ya existen empresas que las emplean para la construcción de edificios, pero aún se trata de casos excepcionales debido a la novedad del concepto y a la escasa disponibilidad de este tipo de maquinaria.

Por último, es probable que en el futuro aparezcan problemas relacionados con los derechos de autor y patentes sobre los objetos fabricados; asunto que tratamos a continuación.

## Consecuencias legales

Al igual que ocurre con las cuestiones concernientes a la posible destrucción de empleo, las cuestiones legales de la tecnología de impresión 3D han llamado ya la atención de una gran cantidad de empresas y juristas. La principal razón es la sencillez con la que cualquier diseño puede ser compartido con las tecnologías de información existentes.

Puesto que los objetos impresos en tres dimensiones tienen su origen en un archivo digital –frecuentemente de pequeño tamaño y fácil de transferir–, su propagación por Internet resulta tan sencilla como la de los archivos musicales, películas y programas de software. Este carácter disruptivo en un campo tan abierto como el de la fabricación y producción de objetos produce ya, a día de hoy, un gran número de preocupaciones relacionadas con la protección de patentes, diseños industriales y derechos de propiedad intelectual.

### Patentes sobre diseños y derechos de autor

Uno de los sectores en los que se hace un uso más intensivo de las patentes como mecanismo de protección legal es precisamente el sector de la fabricación, especialmente en países como los Estados Unidos (Estados Unidos, Department of Commerce, 2012, pp. 36-38). Del mismo modo, la Ley proporciona derechos exclusivos para cualquier tipo de invención que constituya un proceso innovador y útil. En función de este tipo de protección, es muy improbable que el uso de la impresión 3D para fabricar productos, ya sea como un nuevo método de producción generalizada o como un medio para crear objetos específicos, cumpla los requisitos necesarios para recibir la certificación de patente en la mayoría de los casos (Peacock, 2014). Dicho de otro modo, la mayoría de CADs y diseños utilizables para la creación de objetos reales no serán susceptibles de ser patentados.

Sin embargo, sí serán aplicables restricciones relacionadas con el copyright, del mismo modo que ocurre en las industrias musical y filmográfica –teniendo en cuenta los problemas que plantea la piratería, de la cual hablaremos en el siguiente apartado. Actualmente, los dibujos u obras artísticas se rigen también por el régimen de derechos de autor y, en esencia, un archivo digital que muestra una obra tridimensional procesada por un programa informático no deja de ser una obra artística (Barnett, 2014). Este es,

sin embargo, un primer enfoque dentro de las distintas formas posibles de considerar un CAD como activo susceptible de ser protegido legalmente.

También se puede concebir un CAD simplemente como software –debido a su naturaleza digital. En dicho caso, las posibilidades de protección a aplicar serían las mismas que en el caso de los programas informáticos, las cuales son muy distintas en cada país y comunidad económica. En Europa, las aplicaciones informáticas no se pueden patentar. Sin embargo, en países como los Estados Unidos, sí son patentables las llamadas invenciones aplicadas sobre un ordenador. En ningún caso se puede patentar el *código fuente*<sup>7</sup> de un programa.

No obstante, en la actualidad, los regímenes legales de los distintos países no conciben los archivos digitales de música como software sino como formas de expresión artística, por lo que la probabilidad de que los CAD se ajusten a dicho marco legal en un futuro son bajas.

Otros autores, por el contrario, consideran que a medida que aumente la cantidad de diseños CAD utilizados directamente para su materialización en objetos, y éstos objetos sean útiles –representen utilidad y demuestren actividad inventiva-, comenzarán a concebirse una parte importante de dichos CADs como activos patentables (Doherty, 2012).

## El problema de la piratería

Independientemente del régimen de protección legal que le sea impuesto a cada archivo digital utilizado para la impresión en tres dimensiones, existe un problema que afecta al futuro de dicha industria: la *piratería*.

El DRAE (*Diccionario de la lengua española*) define la piratería como el robo o destrucción de los bienes de alguien –entre otras acepciones. En el entorno de las tecnologías de comunicación, puede entenderse como el robo de información, ya sea digital o intelectual. La UNESCO define la piratería como “la reproducción y distribución de copias de obras protegidas por derechos de autor, así como su transmisión al público o puesta a disposición de redes de comunicación en línea, sin la

---

<sup>7</sup> El código fuente es la esencia de cualquier programa informático. Contiene la información necesaria para que dicho programa exista y funcione de la forma prevista en un ordenador.

autorización de los propietarios legítimos [...]” (UNESCO, Observatorio Mundial de Lucha Contra la Piratería).

La piratería puede suponer bien una infracción directa de los derechos de protección legal, o bien indirecta. Los casos de infracción directa son fácilmente detectables: un usuario que transmite a otros un CAD protegido por derechos de autor infringe directamente lo establecido por el DMCA, violando los derechos del titular de la obra original (Digital Millenium Copyright Act, 1998). Dicho usuario será directamente responsable, y tendrá que indemnizar al autor por todos los daños y perjuicios producidos. La dificultad por tanto reside en la capacidad de poder determinar la identidad del infractor. Debido al anonimato que ofrece Internet –por ejemplo a través de las redes P2P y UPNP-<sup>8</sup>, en la mayoría de los casos resulta imposible identificar al usuario culpable. Sin embargo, la responsabilidad no queda restringida al primer infractor, sino a cualquier persona u organización que, de forma análoga, remita y comparta el contenido protegido con otros terceros.

Independientemente de los regímenes de responsabilidad, la difusión de información por Internet ocurre rápidamente, y las instancias de compartición de archivos se multiplican de forma exponencial (Peacock, 2014). En sus orígenes, la violación de obras protegidas por derechos de autor a través de Internet eran responsabilidad de unos pocos miles de *hackers*. En muy poco tiempo, ese número creció hasta superar los 60 millones de personas. En la actualidad, a una sola obra protegida por copyright acceden millones de personas a lo largo de 24 horas (Bilton, 2012).

Los casos de infracción indirecta son, sin embargo, más difíciles de resolver. Un caso evidente de este tipo de práctica podría ser el hecho de que una persona subiera a un portal como Thingiverse una obra protegida por derechos de autor, estando así disponible para cualquier usuario. En estos casos, podría acusarse a Thingiverse de apoyar y respaldar la infracción de un tercero. En la actualidad, el portal asume que cualquier CAD subido a sus repositorios es propiedad del usuario que lo ha subido, y que dicho usuario acepta los términos y condiciones de uso de Thingiverse, los cuales constatan que la obra subida puede ser utilizada libremente por cualquier tercero (Thingiverse, 2014). Además, las medidas llevadas a cabo por el portal una vez detectado contenido protegido por derechos de autor son meramente paliativas:

---

<sup>8</sup> Métodos de transmisión y copia de archivos directamente entre los ordenadores de dos usuarios de cualquier parte del mundo a través de protocolos relativamente anónimos.

“Cerraremos las cuentas de usuarios que infrinjan de forma repetida la propiedad intelectual” (Estados Unidos, Thingiverse, 2014).

El contacto con el infractor en los casos de infracción indirecta también es complicado, es decir, el titular de la obra protegida no será capaz en la mayoría de ocasiones de contactar con el usuario que ha subido el diseño, puesto que tanto los usuarios de Thingiverse como los de Shapeways pueden operar bajo pseudónimos (Doherty, 2012).

### **Modificaciones sobre diseños e ingeniería inversa**

Otro problema legal que se plantea es el relacionado con la posibilidad de hacer pequeñas modificaciones a diseños ya existentes y protegidos por derechos de autor, con el fin de eludir las barreras legales. Cogiendo un diseño original y efectuando algunos cambios sobre éste por ordenador, se puede conseguir un objeto lo suficientemente diferente del original como para que no se pueda determinar si proviene de una obra protegida.

En la actualidad, la única forma de poder aplicar con eficacia las leyes de protección de copyright consiste en aislar una parte del conjunto de la nueva creación, y compararla con la original en búsqueda de copia (Peacock, 2014). No obstante, este método sigue teniendo el problema de que si una persona es lo suficientemente habilidosa como para cambiar el diseño y aspecto por completo –aún basándose en el original-, resultaría casi imposible identificar si se trata de una copia. A día de hoy esto ocurre en la industria musical –en la que es frecuente copiar y reutilizar partes de canciones, estribillos o compases-, y la cuestión no parece tener una solución evidente.

En la misma línea, cabe mencionar el problema que supone la facilidad con la que se puede aplicar ingeniería inversa a los CADs y diseños. La única forma rápida y eficaz que tienen las empresas de resolver este asunto es a través del secreto industrial, es decir, desarrollando sus diseños de forma que el público general no pueda acceder a los archivos digitales de origen.

### **DRM en las impresoras**

Uno de los mecanismos más utilizados en el mundo de la electrónica e informática para proteger obras y contenido es la gestión digital de derechos o DRM (*Digital Rights*



*Management*). Los DRMs consisten en un conjunto de mecanismos utilizados para poder controlar el acceso a obras protegidas por derechos de autor, limitando la utilización de dichas obras en dispositivos digitales. Cabe destacar que un DRM no se trata de una herramienta legal sino técnica, y distintas empresas ingenian diferentes formas de implementar DRMs en sus productos.

Los DRMs pueden convertirse en un método de protección eficaz, y su aplicación a la impresión 3D sería bastante sencilla. Por ejemplo, podrían crearse CADs que incluyeran algún tipo de DRM, lo cual permitiría que un CAD específico solo pudiera ser utilizado una única vez por un usuario –para una sola impresión-, quedando luego invalidado. Esto permitiría que la transmisión o copia de CADs a través de Internet resultara inútil en última instancia, puesto que cada CAD emitido por una empresa u organización llevaría su propio número de serie y quedaría invalidado tras su primer uso.

Sin embargo, para que los DRMs se pudieran aplicar de forma eficaz, sería necesaria una estandarización en las impresoras. En la actualidad, las impresoras de distintos fabricantes tienen diferentes formas de entender y aplicar el CAD que reciben para imprimir. Hasta que no se produzca un consenso entre los fabricantes de impresoras, será muy complicado implementar DRMs eficaces. Marks (2012) reporta que Microsoft ha dado ya un primer paso para promover este tipo de estandarización que permita aplicar un DRM; no obstante, por el momento ninguno de los grandes fabricantes de impresoras ha hecho declaraciones al respecto.

## La tecnología al servicio del negocio

### La fabricación distribuida

A lo largo de las páginas anteriores se han mostrado ejemplos de empresas que ya han comenzado a aprovechar las posibilidades que ofrece la fabricación por adición en negocios y procesos existentes. Del mismo modo, están apareciendo nuevas empresas que utilizan dicha tecnología bien como método de aportación de valor, o como el núcleo de su negocio –como es el caso de Shapeways o Sculpteo, la cual ofrece un servicio muy similar.

Sin embargo, la mayoría de los nuevos negocios que surgen a raíz de los avances de la impresión 3D parecen estar subestimando una de las principales ventajas potenciales de la tecnología: la *fabricación distribuida*.

El término *fabricación distribuida* refleja la idea opuesta a la de los principios que siguen hoy día un importante número de empresas. Actualmente, la fabricación de una gran parte de los productos consumidos por los países desarrollados tiene lugar en unos cuantos países en vías de desarrollo, debido a que las economías de escala y condiciones de dichos países son favorables para la producción de grandes volúmenes de productos, manteniendo eficiencia en costes. Teorías como el modelo de Heckscher – Ohlin de 1933 (Bond, Iwasa & Nishimura, 2012) o la Ventaja Competitiva (Porter, 1990) son a día de hoy las más aceptadas para explicar por qué la globalización ha impulsado la concentración industrial en algunos países. Además, gracias a los bajos costes de producción, es posible sacar beneficio aún teniendo que transportar parte de las materias primas a los países productores, y luego teniendo que importar los productos una vez finalizados.

Esta situación es aprovechada tanto por los países occidentales como por los productores. Por un lado, los países desarrollados consiguen colocar sus productos en el mercado a unos precios competitivos. Por el otro, los países en vías de desarrollo consiguen que la industrialización se concentre en sus zonas geográficas, intentando de este modo impulsar sus economías. Sin embargo, producir en países como China, aún siendo rentable, no es tan eficiente ni económico como lo era en el pasado (Bender & Linebaugh, 2013). Si bien los gobiernos de estos países hacen grandes esfuerzos por

evitar la inflación –lo cual, por norma general, se materializa en una subida de los salarios-, cada vez resulta más caro producir en dichos focos industriales.

Por otro lado, un resultado directo de la concentración industrial es la estandarización. En el presente, la mayoría de productos que consumimos están estandarizados. Esto quiere decir que dichos productos son exactamente iguales para todos los compradores, por lo que el destino geográfico de cada unidad apenas es relevante, lo cual permite a las empresas producir sin discriminar por países o preferencias.

El concepto de la fabricación distribuida intenta ofrecer una alternativa a la concentración industrial. La característica determinante de este modelo consiste en que intenta crear valor en zonas geográficamente dispersas a través de la fabricación de productos y objetos. Para aportar dicho valor, se producen dichos objetos lo más cerca posible –físicamente hablando- al consumidor o grupo de consumidores finales. De este modo, se consigue un doble efecto:

- Por una parte, los costes de transporte, logística y distribución de los productos son mucho menores que en los casos de importación de productos terminados.
- Por otra, los productos fabricados en plantas de pequeño y mediano tamaño y distribuidas por zonas geográficas pueden ser personalizados y adaptados a las necesidades o preferencias de cada región.

Un buen ejemplo de fabricación distribuida puede ser el uso de placas fotovoltaicas en determinadas zonas públicas para el aprovechamiento de las viviendas de alrededor. Por su parte, la fabricación por adición tiene una serie de características que se alinean en gran medida con los principios de la fabricación distribuida (Zeleny, 2012).

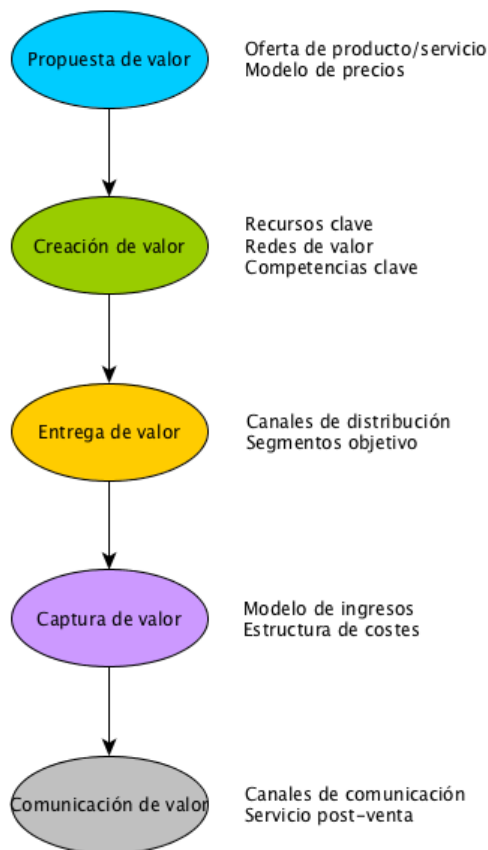
### **Innovación en los modelos de negocio**

A pesar de que muchos expertos comentan que las tecnologías de impresión 3D van a ser la siguiente revolución tecnológica, poco se ha hablado de su impacto en los modelos de negocio del futuro (Rayna & Striukova, 2014).

La oportunidad que brinda una innovación técnica al mundo de los negocios es bien sabida por todos. Basta con pensar en la cantidad de negocios que han surgido en los últimos 10 años con Internet como principal mecanismo promotor. Si las previsiones sobre el futuro de la impresión en tres dimensiones son ciertas, su impacto en el mundo

empresarial será también disruptivo.

La literatura sobre modelos de negocio es muy abundante: existen más de 100,000 trabajos académicos escritos entre 2001 y 2013 sobre el tema<sup>9</sup>. En el presente, una gran cantidad de autores determinan que un modelo de negocio está formado por cuatro componentes principales: la propuesta de valor (Teece, 2010, p. 173), la creación de valor (Amit & Zott, 2002), la entrega de valor y la captura de valor (Osterwalder, 2010). Del mismo modo, es importante saber comunicar el valor creado.

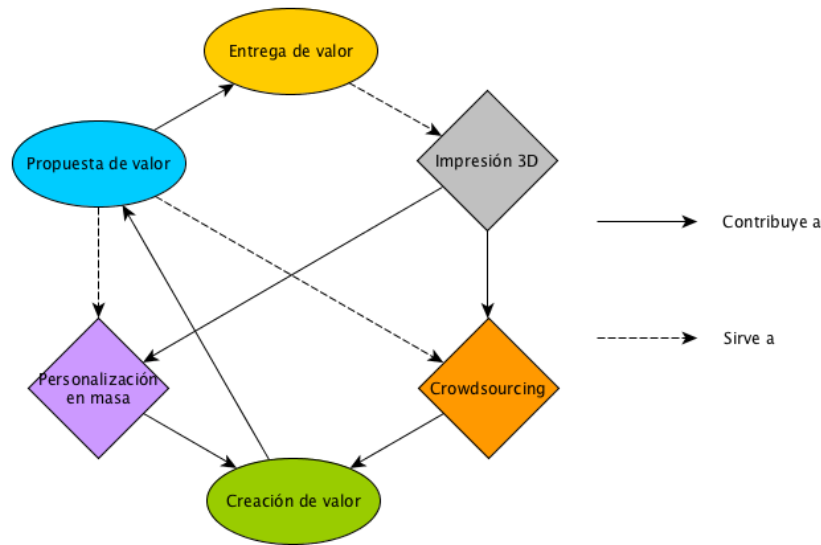


**Figura 18.** Componentes de un modelo de negocio. Fuente: elaboración propia.

La conjunción entre los conceptos de fabricación distribuida e impresión 3D es capaz de dar lugar a nuevas formas de proponer, crear y entregar valor en un entorno geográfico determinado, fácilmente replicable en otras zonas. A medida que las posibilidades de la tecnología aumenten y baje su precio, aparecerán modelos capaces de explotar los tres primeros elementos de la Figura 18.

---

<sup>9</sup> Datos obtenidos de Google Académico.



**Figura 19.** Feedback entre los componentes del modelo de negocio. Fuente: elaboración propia.

En la Figura 19 podemos observar un ejemplo de cómo los componentes de un modelo de negocio pueden aprovechar las nuevas tecnologías para aportar valor. En un principio, las empresas podrán ver una forma evidente de entregar nuevo valor a los clientes utilizando la impresión 3D, en función de los distintos beneficios que hemos comentado anteriormente. Dichos beneficios –especialmente la versatilidad y el acortamiento del ciclo de desarrollo de nuevos productos- contribuyen a ofrecer a los clientes nuevas posibilidades de adaptar los productos a sus necesidades, permitiendo así la personalización en masa. Del mismo modo, el uso de la fabricación por adición puede incentivar el crecimiento de algunas de las nuevas formas de colaboración abierta que han aparecido en los últimos años. Un buen ejemplo de este tipo de colaboraciones es el *crowdsourcing*.

El *crowdsourcing* consiste en la creación –en este caso podría aplicarse a modelos o diseños de productos- a través de la suma de pequeñas contribuciones individuales (Barry, 2014). Es una alternativa al modelo clásico, en el que una tarea –como puede ser diseñar un nuevo producto- es realizada por un grupo cerrado de personas, y no de forma masiva. El concepto proviene de la unión de los términos en inglés *crowd* (multitud) y *outsourcing* (externalización). Aplicado al entorno de la impresión en tres dimensiones, el *crowdsourcing* se refiere a la creación colaborativa de productos finales.

Continuando con la Figura 19, el *crowdsourcing* y la capacidad de plasmar dichos conocimientos en objetos reales crea ya valor por sí mismo. Además, gracias de nuevo a la versatilidad de la tecnología, los resultados del *crowdsourcing* pueden reinvertirse en

una nueva adaptación de valor para cada cliente. Este proceso produce una retroalimentación positiva, dando lugar a una mayor diversificación y especialización en los usos de la impresión 3D en un área geográfica determinada.

La sencillez con la que la impresión 3D puede llevar la producción a casi cualquier punto geográfico posibilita la interacción entre distintos hexágonos similares al de la Figura 19.

A pesar de ser un ejemplo entramado, el modelo se ajusta a lo que algunas empresas ya están haciendo en el presente –es el caso de Nokia y la impresión de las carcasas de sus móviles-, con la diferencia de que en la actualidad se hace de una forma centralizada: Shapeways tiene sus propias instalaciones, las cuales contienen una gran cantidad de maquinaria para poder ofrecer sus servicios. A través de un modelo distribuido y colaborativo –lo cual no quiere decir gratuito-, la empresa podría reducir los elevados costes asociados a sus fuertes inversiones en maquinaria<sup>10</sup>.

### Ejemplo de aplicación del modelo

Algunos autores vaticinan que el futuro de la impresión en tres dimensiones culminará con la fabricación de gran parte de los productos que necesitamos directamente en nuestros hogares, a nivel personal (Kaur, 2012, p. 363). Dicho de otro modo: algunos prevén que en el futuro todos tendremos impresoras 3D en nuestros hogares, con las que produciremos gran cantidad de objetos. Sin embargo, este tipo de previsiones parecen exageradas y poco realistas si las comprobamos empíricamente. En España, solo el 65,4 por ciento de los habitantes ha conectado alguna vez una impresora de papel a su ordenador<sup>11</sup>. Del mismo modo, muchos españoles no tienen todavía una impresora de papel en sus casas, a pesar de ser un producto de gran utilidad.

La población en muchas ocasiones no necesita productos, sino servicios que les permitan satisfacer sus necesidades. Continuando la analogía con las impresoras de papel, muchas personas asisten a centros de reprografía y copisterías cuando necesitan imprimir documentos. En el corto y medio plazo, es muy probable que dicho sistema de negocio se extienda al mundo de la fabricación por adición. Este tipo de práctica podría desembocar en lo que Zeleny (2012) denomina *production as a service* (producción

---

<sup>10</sup> En su primer año, la empresa tuvo pérdidas de 7 veces el tamaño de sus ingresos (Peels, 2010).

<sup>11</sup> Datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística a 31 de mayo de 2014.

como servicio). La *production as a service* consiste en vender, alquilar, arrendar o dejar utilizar una infraestructura –ya sea física o de software- para que los clientes puedan utilizarla con fines diversos y no anclados a un producto final determinado. Muchos negocios actuales utilizan esta estrategia para ofrecer sus servicios, como por ejemplo las Google Apps de la empresa con sede en Mountain View; o ZipCar, los cuales ofrecen servicios de transporte privados y temporales en vez de vender automóviles directamente (Frankel, 2008).



**Figura 20.** Ejemplo de modelo de negocio basado en la impresión 3D y fabricación distribuida: *production as a service*. Fuente: elaboración propia.

Podría pensarse que el concepto de fabricación distribuida entra directamente en conflicto con el concepto actual de gran empresa. No obstante, no existe ningún problema a la hora de aunar ambos conceptos. Una gran empresa podría dispersar sus instalaciones entre varias zonas geográficas apartadas entre sí, estando interconectadas gracias a las posibilidades que ofrecen las tecnologías de información. De este modo, la actividad de fabricación de dicha empresa se distribuye entre los distintos hexágonos de la Figura 19, acercando lo más posible el servicio a los clientes finales y ahorrando costes de logística y transporte. Esta estrategia es similar a la que están comenzando a implementar empresas como Walmart en la actualidad (Wold, 2014), a medida que los avances en logística de control e informática permiten una mayor optimización de la distribución por zonas.

A medida que se vayan produciendo más avances en la impresión 3D, así como en otros campos –como pueden ser la microinformática empotrada y la maquinaria de creación

de PCBs<sup>12</sup> de bajo coste-, este tipo de modelos de negocio serán cada vez más viables para la producción y venta de una gran gama de productos y materiales.

---

<sup>12</sup> *Printed Circuit Boards*: circuitos electrónicos impresos.



## Conclusión

A lo largo de este trabajo hemos analizado la tecnología de fabricación por adición y el entorno que la rodea. A pesar de que la impresión en tres dimensiones apareció hace más de veinte años, es ahora cuando están apareciendo aplicaciones reales que pueden llevar a cabo las nuevas máquinas. Los avances conseguidos en los últimos tres años superan ampliamente los de la suma de los anteriores; en muy poco tiempo se ha conseguido mayor velocidad y calidad de fabricación, resultados esperanzadores sobre futuros materiales y mejoras técnicas que permiten una bajada de precios, entre otros.

De todos modos, es importante recordar que la tecnología se encuentra todavía en su infancia. De momento, solo existen unas pocas empresas y organizaciones fabricantes de impresoras y, aunque el crecimiento en el sector es rápido, sus repercusiones en la sociedad serán probablemente más graduales. Como ocurre con cualquier innovación de gran importancia, la adopción por parte de la mayoría de la población no es inmediata. A esto se suman las posibles limitaciones por causas éticas o jurídicas que pueden aparecer para ciertos sectores como el de la medicina.

Expertos, ingenieros, medios de comunicación, empresarios y académicos de todo el mundo se muestran entusiasmados con cada nuevo avance y aplicación que aparece para la impresión en tres dimensiones. Son pocos los que piensan que dicho sistema no funcionará, o que quedará como algo minoritario en mercados pequeños. Lo que podemos analizar a día de hoy se trata de una ínfima parte comparado con la cantidad de información susceptible de ser estudiada que aparecerá en los próximos diez años. Algunos ya vaticinan la impresión en tres dimensiones como la Tercera Revolución Industrial. No obstante, desde un punto de vista analítico se trata evidentemente de una exageración a día de hoy, puesto que el uso y aplicaciones todavía son la excepción y no la norma en el mercado.

Resulta muy precipitado concluir que la fabricación por adición reemplazará por completo a los métodos de fabricación tradicionales. Lo que sí es notable es que actualmente existen aplicaciones donde la tecnología permite obtener buenos resultados y todavía no se está utilizando, o se hace como una excepción. Del mismo modo, ya existen empresas que han convertido la impresión 3D en su forma de crear valor en un entorno donde la versatilidad, la capacidad de responder a los cambios y la satisfacción

de nuevas necesidades son esenciales para el éxito empresarial. En el futuro podremos apreciar cómo nuevas empresas adaptan los beneficios de la fabricación por adición y los convierten en parte de su modelo de negocio, de forma similar como ocurrió con la aparición de Internet.

## Bibliografía

- 3D Systems 2010, *3D Systems acquires Bits From Bytes*. Disponible en <<http://www.3dsystems.com/press-releases/3d-systems-acquires-bits-bytes>> [visitado el 5 de mayo de 2014].
- Amit, R, Zott, C 2010, *Business model innovation: creating value in times of change*, IESE Business School. Disponible en <<http://www.iese.edu/research/pdfs/di-0870-e.pdf>> [visitado en mayo de 2014].
- Anderson, C 2012, *Makers: the next Industrial Revolution*, Crown Pub Inc.
- Anderson, T 2013, *Building a lunar base with 3D printing*. Disponible en <<http://sservi.nasa.gov/articles/building-a-lunar-base-with-3d-printing/>> [visitado el 15 de abril de 2014].
- Bassan, J, Srinivasan, V 2012, *3D printing and the future of manufacturing*. Disponible en <[http://assets1.csc.com/innovation/downloads/LEF\\_20123DPrinting.pdf](http://assets1.csc.com/innovation/downloads/LEF_20123DPrinting.pdf)> [visitado el 12 de mayo de 2014].
- Barnatt, C 2013, 3D Printing: the next industrial revolution, Explainingthefuture.com.
- Barnett, M 2014, *The next big fight: 3D printing and intellectual property*. Disponible en <<http://www.technologylawsources.com/2014/01/articles/intellectual-property-1/the-next-big-fight-3d-printing-and-intellectual-property/>> [visitado el 21 de mayo de 2014].
- Barry, J.S 2014, *Crowdsourcing in the 21st Century*, CPA Journal, 84, 4, p. 5, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 27 de mayo de 2014.
- Beato, G 2014, *The 3D Economy*, Reason, 45, 11, pp. 62-63, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 25 de mayo de 2014.
- Bender, R, Linebaugh, K 2013, *China's slower growth puts a drag on Western profits*, The Wall Street Journal. Disponible en <<http://online.wsj.com/news/articles/SB10001424052702303843104579172162404700796>> [visitado el 19 de enero de 2014].
- Bengtson, T 2014, *Nike could be a pure software company in 10 years*. Disponible en <<http://3dprint.com/3513/nike-software-company-10-years-biz-stone>> [visitado el 27 de mayo de 2014].
- Bilton, N 2012 *Internet Pirates Will Always Win*, N.Y. Times, 5 de agosto de 2012.
- Blank, S 2013, *The Four Steps to the Epiphany*, 2nd edn, K&S Ranch.

- Bond, E, Iwasa, K, & Nishimura, K 2012, *The dynamic Heckscher-Ohlin model: A diagrammatic analysis*, International Journal Of Economic Theory, 8, 2, pp. 197-211, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 30 de mayo de 2014.
- Bregar, B 2014, *Global 3-D printing market grows quickly*, Plastics News, 26, 9, p. 0011, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 20 de mayo de 2014.
- Brière-Côté, A, Rivest, L, & Maranzana, R 2012, *Comparing 3D CAD Models: Uses, Methods, Tools and Perspectives*, Computer-Aided Design & Applications, 9, 6, pp. 771-794, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 17 de abril de 2014.
- Brown, A.S 2014, *By the numbers: A big forecast for 3-D printers*, Mechanical Engineering, 136, 2, pp. 28-29, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 20 de mayo de 2014.
- Brownfield, A 2014, *When Amazon needed help with 3D printed stuff*. Disponible en <<http://upstart.bizjournals.com/companies/startups/2014/03/05/3-d-printing-startup-lands-amazon-gig.html?page=all>> [visitado el 20 de abril de 2014].
- Cohen, D, Sargeant, M, & Somers, K 2014, *3-D printing takes shape*, Mckinsey Quarterly, 1, pp. 40-45, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 4 de mayo de 2014.
- Cump, S.S, *Apparatus and methods for creating three- dimensional objects* US Patent No 5,121,329.
- D'Aveni, R.A 2013, *3-D printing will change the world*, Harvard Business Review, 91, 3, p. 34, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de octubre de 2013.
- Dickey, M.R 2013, *Boeing Uses 3D Printers For Airplane Parts*. Disponible en <<http://www.businessinsider.com/boeing-uses-3d-printers-for-airplane-parts-2013-6>> [visitado el 12 de enero de 2014].
- Digital Millenium Copyright Act 1998, *Pub. L No. 105-304*, 112 Stat. 2860.
- Doherty, D 2012, *Downloading infringement: patent law as a roadblock to the 3d printing revolution*, Harvard Journal Of Law & Technology, 26, 1, pp. 353-373, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 21 de octubre de 2013.
- Doorey, D 2011, *The Transparent Supply Chain: from Resistance to Implementation at Nike and Levi-Strauss*, Journal Of Business Ethics, 103, 4, pp. 587-603, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 25 de mayo de 2014.

- El Confidencial 2013, *España se adelanta a la NASA: crean la primera impresora 3D de comida*, El Confidencial (Online), 23 de noviembre de 2013. Disponible en <[http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2013-11-23/espana-se-adelanta-a-la-nasa-crean-la-primera-impresora-3d-de-comida\\_57859/](http://www.elconfidencial.com/tecnologia/2013-11-23/espana-se-adelanta-a-la-nasa-crean-la-primera-impresora-3d-de-comida_57859/)> [visitado el 3 de junio de 2014].
- El Economista 2014, *Una impresora en 3D permite crear fruta comestible sin salir de casa*, El Economista (Online), 26 de mayo de 2014. Disponible en <<http://ecodiario.economista.es/tecnologia/noticias/5810079/05/14/Una-impresora-en-3D-permite-imprimir-fruta-comestible-sin-salir-de-casa.html#.Kku86FXY8wvACPP>> [visitado el 26 de mayo de 2014]
- Elliott, S 2014, *Britain's First Industrial Revolution*, *History Today*, 64, 5, p. 49, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 10 de abril de 2014.
- Enington, N 2014, *Chinese firm 3D prints 10 fill-sized houses in a day*. Disponible en <<http://www.bbc.com/news/blogs-news-from-elsewhere-27156775>> [visitado el 20 de mayo de 2014].
- Escorsa, P, Valls, J 2003, *Tecnología e innovación en la empresa*, Ediciones UPC.
- Estados unidos, Department of commerce 2012, *Intellectual Property and the U.S Economy: Industries in focus vii*. Disponible en <[www.uspto.gov/news/publications/IP\\_Report\\_March\\_2012.pdf](http://www.uspto.gov/news/publications/IP_Report_March_2012.pdf)> [visitado el 22 de mayo de 2014].
- Fischer, M, Bazjanac, V 2013, *Framework for bringing 3D printing to the construction industry*. Disponible en <[http://cife.stanford.edu/sites/default/files/2013SP\\_Presentations/ChileanDel\\_3DPrint.pdf](http://cife.stanford.edu/sites/default/files/2013SP_Presentations/ChileanDel_3DPrint.pdf)> [visitado el 3 de mayo de 2014].
- Frankel, A 2008, *Zipcar makes the leap*, *Fast Company*, 123, pp. 48-50, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 31 de mayo de 2014.
- Gartner 2014, *Uses of 3D printing will ignite major debate on ethics and regulation*. Disponible en <<http://www.gartner.com/newsroom/id/2658315>> [visitado el 2 de junio de 2014].
- Geelhoed, A 2013, *A World Shaped by 3D Printing: The Future Blueprint for Credit Risk Management*, *Business Credit*, 115, 7, pp. 4-5, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de diciembre de 2013.
- GNU Project 2007, *The GNU General Public License v3.0*. Disponible en <<http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>> [visitado el 12 de abril de 2014].
- Goldberg, L.H 2014, *Getting Started in 3D Printing*, *Popular Mechanics*, pp. 76-79, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 24 de mayo de 2014.
- Hernandez, P 2013, *Windows 8.1: The 3D printing OS?*, *Eweek*, p. 15, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 4 de mayo de 2014.

- Himenez, J 2011, *3D printing with FDM: How it Works*, Stratasys. Disponible en <<http://www.stratasys.com/~-/media/Main/Files/White%20Papers/SSYS-WP-3DP-HowItWorks-09-11.ashx>> [visitado en octubre de 2014].
- Hlavin, M 2014, *3-D printing: The next industrial revolution*, *Appliance Design*, 62, 3, pp. 22-23, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 27 de mayo de 2014.
- Huutilainen, E, Paloheimo, M, Salmi, M, Paloheimo, K, Björkstrand, R, Tuomi, J, Markkola, A, & Mäkitie, A 2014, *Imaging requirements for medical applications of additive manufacturing*, *Acta Radiologica*, 55, 1, pp. 78-85, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 26 de abril de 2014.
- Hornick, J, Roland, D 2013, *3D patents expiring soon*. Disponible en <<http://3dprintingindustry.com/2013/12/29/many-3d-printing-patents-expiring-soon-heres-round-overview/>> [visitado el 14 de abril de 2014].
- Hornick, J, Roland, D 2013, *3D printing and intellectual property: initial thoughts*, *Licensing Journal*, 33, 7, pp. 12-16, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 4 de noviembre de 2013.
- Intellectual Property Office Patent Informatics Team 2013, *3D Printing: a patent overview*, Londres.
- Kaur, S 2012, *How is "Internet of the 3D Printed Products" Going to Affect Our Lives?*, *IETE Technical Review*, 29, 5, p. 362. pp. 360-364, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 2 de mayo de 2014.
- Knox, J 2013, *ExOne expands 3d metal printing capability and adds to suite of binder solutions*, *Automotive Industries*, 193, 4, pp. 1-2, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 12 de marzo de 2013.
- Kohrman, M 2014, *Amazon's first 3D Printed Products Marketplace is now open for business*. Disponible en <<http://www.fastcompany.com/3027362/fast-feed/amazons-first-3-d-printed-products-marketplace-is-now-open-for-business>> [visitado el 24 de mayo de 2014].
- Kuo, M 2013, *Metal Mold Manufacturing*, TIER Industry Report - Metal Mold Manufacturing, pp. 1-11, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 5 de noviembre de 2013.
- Lemu, H. G. 2012, *Study of capabilities and limitations of 3D printing technology*, *AIP Conference Proceedings* 1431, no. 1, pp. 857-865, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de noviembre de 2013.
- Mahamood, R, Akinlabi, E, Shukla, M, & Pityana, S 2014, *Revolutionary Additive Manufacturing: An Overview*, *Lasers In Engineering* (Old City Publishing), 27, 3/4, pp. 161-178, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 12 de mayo de 2014.

- Marks, P 2012, *New patent could saddle 3D printers with DRM*, Gizmodo. Disponible en <<http://gizmodo.com/5952780/new-patent-could-saddle-3d-printers-with-drm>> [visitado el 30 de mayo de 2014].
- Makerbot Industries 2014, *Makerbot Replicator Mini: Compact 3D Printer*. Disponible en <<http://store.makerbot.com/replicator-mini>> [visitado el 12 de abril de 2014].
- Mazzoli, A 2013, *Selective laser sintering in biomedical engineering*, *Medical & Biological Engineering & Computing*, 51, 3, pp. 245-256, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 28 de diciembre de 2013.
- LaMonica, Martin 2013, *Additive manufacturing*, MIT Technology Review, May/June. Disponible en <<http://www.technologyreview.com/featuredstory/513716/additive-manufacturing/>> [visitado el 12 de marzo de 2014].
- NASA 2013, *3D printing food in space*. Disponible en <[http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature\\_3d\\_food.html](http://www.nasa.gov/directorates/spacetech/home/feature_3d_food.html)> [visitado el 4 de mayo de 2013].
- New needs for 3-D* 2014, *Mechanical Engineering*, 136, 5, p. 15, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 12 de abril de 2014.
- Nokia 2013, *3D print a shell for your Nokia Phone*. Disponible en <[http://developer.nokia.com/community/wiki/3D\\_print\\_a\\_shell\\_for\\_your\\_Nokia\\_Phone](http://developer.nokia.com/community/wiki/3D_print_a_shell_for_your_Nokia_Phone)> [visitado el 12 de abril de 2014].
- Osterwalder, A 2010, *Business Model Generation*, John Wiley & Sons, NJ.
- Paniagua, S 2013, *Clone Wars y la explosión de la cultura Maker en España*. Disponible en <<http://www.sorayapaniagua.com/2013/03/04/clone-wars-y-la-explosion-de-la-cultura-maker-en-espana/>> [visitado el 30 de octubre de 2013].
- Park, R 2013, *Wholers Report 2013 reveals continued growth in 3d printing*. Disponible en <<http://3dprintingindustry.com/2013/05/24/unsurprisingly-wohlers-report-2013-reveals-continued-growth-in-3d-printing/>> [visitado el 12 de febrero de 2014].
- Peacock, SR 2014, *Why manufacturing matters: 3D printing, computer-aided designs, and the rise of end-user patent infringement*, *William & Mary Law Review*, 55, 5, pp. 1933-1960, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 12 de mayo de 2014.
- Peels, J 2010, *Shapeways has 244,000 Euro in revenue, losses of 1.4 million*. Disponible en <<http://i.materialise.com/blog/entry/shapeways-has-244000-euro-in-revenue-losses-of-1-4-million>> [visitado el 29 de mayo de 2014].
- Prince, J 2014, *3D Printing: An Industrial Revolution*, *Journal Of Electronic Resources In Medical Libraries*, 11, 1, p. 40, Library, Information Science & Technology Abstracts.

- Rayna, T & Striukova, L 2014, *The impact of 3D printing technologies on business model innovation*. Disponible en <[http://www.cesames.net/wp-content/uploads/2014/02/Thierry-Rayna-business\\_model\\_innovation\\_3D\\_printing.pdf](http://www.cesames.net/wp-content/uploads/2014/02/Thierry-Rayna-business_model_innovation_3D_printing.pdf)> [visitado el 30 de mayo de 2014].
- RepRap 2012, *A History of RepRap Development*, Disponible en <[http://reprap.org/wiki/File:A\\_History\\_of\\_RepRap\\_Development.pdf](http://reprap.org/wiki/File:A_History_of_RepRap_Development.pdf)> [visitado el 4 de mayo de 2014].
- Ries, E 2011, *The Lean Startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses*, Crown Pub Inc.
- Rockstroh, T, Abbott, D, Hix, K, & Mook, J 2013, *Additive manufacturing at GE Aviation*, Industrial Laser Solutions, 28, 6, pp. 4-6, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 16 de abril de 2014.
- Roos, G 2013, *Stratasys, MakerBot merge to build 3D printing powerhouse*, Eweek, p. 3, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 20 de enero de 2014.
- Seeking Alpha 2014, *Looking at intangibles of the 3d industry through a microscope*. Disponible en <<http://seekingalpha.com/article/2041213-looking-at-intangibles-of-the-3d-industry-through-a-microscope>> [visitado el 20 de abril de 2014].
- Smyrlis, L 2011, *New technology is about to change how we think about economies of scale and our supply chain practices*, Canadian Transportation & Logistics, 114, 3, p. 4, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de octubre de 2013.
- Stratasys 2010, *Stratasys case study, 2010: Akaishi*. Disponible en <<http://www.stratasys.com/~media/Case%20Studies/Consumer%20Goods/SSYS-CS-Akaishi-06-13.pdf>> [visitado el 4 de abril de 2014].
- Stratasys 2011, *Stratasys case study, 2011: Thogus Products*. Disponible en <<http://www.stratasys.com/~media/Case%20Studies/Commerical%20Products/SSYS-CS-Thogus-05-13.pdf>> [visitado el 15 de mayo de 2014].
- Tang, Y 2005, *Stereolithography cure process modeling*. Disponible en <[https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/7235/tang\\_yanyan\\_200508\\_phd.pdf](https://smartech.gatech.edu/bitstream/handle/1853/7235/tang_yanyan_200508_phd.pdf)> [visitado en enero de 2014].
- Taylor, S 2014, *3D printing trends: part 1*. Disponible en <<http://3dprintingindustry.com/2014/02/24/trend-evolution-3d-printing-trends-part-1/>> [visitado el 12 de marzo de 2014].
- Teece, D.J 2010, *Business models, business strategy and innovation*. Disponible en <[http://www.econ.upf.edu/~lemenestrel/IMG/pdf/2\\_teece\\_on\\_bmi.pdf](http://www.econ.upf.edu/~lemenestrel/IMG/pdf/2_teece_on_bmi.pdf)> [visitado el 30 de mayo de 2014].



- The Economist 2014, *Three-dimensional printing may help entrench the world's engineering giants*, The Economist (Online), Berlín, 3 de mayo de 2014. Disponible en <<http://www.economist.com/news/business/21601528-three-dimensional-printing-may-help-entrench-worlds-engineering-giants-heavy-metal?fsrc=scn/tw/te/pe/ed/heavymetal>> [visitado el 2 de junio de 2014].
- The future is now: why 3d printing can make the world a better place* 2013, Bloomberg Businessweek, 4330, p. 8, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 4 de febrero de 2014.
- Thingiverse 2014, *Terms of use*. Disponible en <<http://www.thingiverse.com/legal>> [visitado el 22 de mayo de 2014].
- UNESCO, *¿Qué es la piratería?*, Observatorio Mundial de Lucha Contra la Piratería. Disponible en <[http://portal.unesco.org/culture/es/ev.php-URL\\_ID=39397&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/culture/es/ev.php-URL_ID=39397&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)> [visitado el 21 de mayo de 2014].
- Urbanic, R, Kilani, M, & Hassoun, A 2013, *Targeted Reverse Engineering Techniques for Generating Architectural Solid Models for Additive Manufacturing Fabrication*, Computer-Aided Design & Applications, 10, 4, pp. 585-602, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 11 de abril de 2014.
- USA Today 2012, *3D printing could remake U.S. manufacturing*, USA Today (Online), 7 de octubre de 2012. Disponible en <<http://usatoday30.usatoday.com/money/industries/manufacturing/story/2012-07-10/digital-manufacturing/56135298/1>> [visitado el 1 de junio de 2014].
- Wagner, K 2013, *Printing the future*, Fortune, 168, 3, p. 13, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de octubre de 2013.
- Will Additive Manufacturing Replace Conventional Manufacturing?* 2013, Stratfor Geopolitical Diary, p. 20, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 12 de enero de 2014.
- Winter, C 2014, *Printing medicine*, Bloomberg Businessweek, 4372, pp. 62-64, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de mayo de 2014.
- Where Is Additive Manufacturing Headed?* 2013, Trends Magazine, 10, 12, pp. 15-20, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 21 de mayo de 2014.
- Wold, J 2012, *Small format looks like a winner for Walmart*, Chain Drug Review, 34, 10, p. 19, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 30 de mayo de 2014.
- Yu, F, & Lu, Z 2011, *Three-Dimensional Model Analysis and Processing*, p.17, Springer.

Zeleny, M 2012, *High technology and barriers to innovation: From Globalization to Relocalization*, International Journal Of Information Technology & Decision Making, 11, 2, pp. 441-456, Academic Search Complete, EBSCOhost, visitado el 28 de octubre de 2013.

Zolfagharifard, E 2013, *The rise of multi-material 3D printing*, Engineer (Online Edition), p. 7, Business Source Complete, EBSCOhost, visitado el 22 de octubre de 2013.

## Índice de Figuras

Figura 1: Tecnologías de fabricación por adición .....	6
Figura 2: Proceso SLS .....	7
Figura 3: Proceso de Estereolitografía.....	8
Figura 4: Proceso FDM .....	9
Figura 5: Diagrama simplificado del proceso de fabricación por adición.....	9
Figura 6: Relación general calidad-precio entre distintas gamas .....	11
Figura 7: Impresora 3D comercial Cube Pro .....	14
Figura 8: Impresora 3D comercial Makerbot Replicator.....	14
Figura 9: Distribución de aplicaciones de la impresión 3D en febrero de 2014 .....	18
Figura 10: Modelo Lineal del proceso innovador .....	20
Figura 11: Patentes sobre procesos de impresión 3D de empresas estadounidenses .....	21
Figura 12: Beneficios del FDM comparado con métodos tradicionales de fabricación.....	23
Figura 13: Evolución de la calidad .....	24
Figura 14: Evolución del precio .....	24
Figura 15: Relación calidad-precio.....	24
Figura 16: Capitalización de mercado de los líderes en la industria .....	26
Figura 17: Proyección del crecimiento del mercado basado en los datos de crecimiento actuales .....	27
Figura 18: Componentes de un modelo de negocio .....	43
Figura 19: Feedback entre los componentes del modelo de negocio .....	44
Figura 20: Ejemplo de modelo de negocio basado en la impresión 3D y fabricación distribuida: <i>production as a service</i> .....	46